

## 明細書

## オーディオ信号帯域拡張装置及び方法

## 技術分野

本発明は、オーディオ機器におけるオーディオ信号の再生音、特に高音域の再生音質の向上を図り、人間の耳に快適なオーディオ信号を再生できるオーディオ信号の帯域を拡張するための方法及び装置に関し、特に、入力されるオーディオ信号をデジタル信号処理することにより入力されるオーディオ信号帯域拡張装置及び方法に関する。また、上記オーディオ信号帯域拡張装置を備えた光ディスクシステム、上記オーディオ信号帯域拡張方法の各ステップを含むプログラム、並びに、上記プログラムを格納したコンピュータにより読み取り可能な記録媒体に関する。

## 背景技術

例えば、国際出願公開第WO 00/70769号のパンフレットにおいて、オーディオ信号の帯域を拡張するための方法及び装置（以下、従来例という。）が開示されている。この従来例では、入力されるオーディオ信号に基づいて高調波成分を生成するとともにそのレベルを検出する一方、入力されるオーディオ信号とは独立にランダムな高調波成分である雑音信号を発生する。次いで、発生した雑音信号のレベルを上記検出したレベルに応じて変化した後、レベルを変化した雑音信号に上記生成した高調波成分を加算し、その加算結果の信号に対して所定の帯域通過ろ波処理を実行する。さらに、帯域通過ろ波処理を実行した信号に、上記入力されたオーディオ信号をそのレベルを調整しながら加算し、その加算結果の信号を当該装置の出力信号として出力する。

## 発明の開示

上述の従来例では、入力されるオーディオ信号とは独立にランダムな高調波成分である雑音信号を発生しているために、入力されるオーディオ信号とのレベルを合わせる必要があり、レベル検出手段や、振幅調整のための可変増幅減衰手段が必要となるため、オーディオ信号の立ち上がりが遅れ、スペクトル連続性が不自然になるなど、周波数特性及び時間特性ともに満足のゆくオーディオ信号を得ることができなかった。

本発明の目的は以上の問題点を解決し、従来例に比較して簡単な構成を有し、改善された周波数特性及び時間特性を有する、帯域拡張されたオーディオ信号を発生することがオーディオ信号帯域拡張装置及び方法を提供することにある。

また、本発明の別の目的は、上記オーディオ信号帯域拡張装置を備えた光ディスクシステム、上記オーディオ信号帯域拡張方法の各ステップを含むプログラム、並びに、上記プログラムを格納したコンピュータにより読み取り可能な記録媒体を提供することにある。

以上の問題点を解決するために、第1の発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置は、

10 入力信号を帯域通過ろ波手段により帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するようにレベル相關した雑音信号を発生する雑音発生手段と、

15 上記発生された雑音信号に対して、加算手段の加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しつつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理手段と、

上記入力信号と、上記信号処理手段からの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算手段とを備えたことを特徴とする。

20 上記オーディオ信号帯域拡張装置において、  
上記帯域通過ろ波手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をA/D変換する第1の変換手段と、

上記信号処理手段と上記加算手段の間に挿入して設けられ、上記信号処理手段からの出力信号をD/A変換する第2の変換手段とをさらに備えたことを特徴とする。

25 また、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、  
上記帯域通過ろ波手段の前段及び上記加算手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をオーバーサンプリングしつつ低域通過ろ波して上記帯域通過ろ波手段及び上記加算手段に出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波手段をさらに備えたことを特徴とする。

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、

上記加算手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をオーバーサンプリングしつつ低域通過ろ波して上記加算手段に出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波手段と、

5 上記雑音発生手段と上記信号処理手段との間に挿入して設けられ、上記雑音発生手段からの雑音信号をオーバーサンプリングして上記信号処理手段に出力するオーバーサンプリング手段とをさらに備えたことを特徴とする。

またさらに、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記雑音発生手段は、  
10 上記雑音発生手段に入力される信号のレベルを検出し、検出したレベルを有するレベル信号を発生して出力するレベル信号発生手段と、

上記雑音発生手段に入力される信号に従って雑音信号を発生して出力する雑音信号発生手段と、

15 上記レベル信号発生手段からのレベル信号と、上記雑音信号発生手段からの雑音信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算手段とを備えたことを特徴とする。

また、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記雑音信号発生手段は、デルタシグマ変調型量子化器を備え、上記雑音信号発生手段に入力される信号の量子化雑音信号を発生して、上記雑音信号として出力することを特徴とする。

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記雑音発生手段は、  
20 上記雑音発生手段に入力される信号から所定の上位ビットを切り出して上位ビットを含む信号を出力する第1の切り出し手段と、

上記雑音発生手段に入力される信号から所定の中間ビットと所定の下位ビットの少なくとも一方を切り出して当該少なくとも一方のビットを含む信号を出力する少なくとも1つの第2の切り出し手段と、

25 上記第1の切り出し手段からの信号と、上記第2の切り出し手段からの信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算手段とを備えたことを特徴とする。

ここで、上記第2の切り出し手段は、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び下位ビットと、2つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする。もしくは、上

記第2の切り出し手段は、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び2つの下位ビットと、3つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする。とて代わって、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、

5 上記入力信号とは独立である雑音信号を発生する独立雑音発生手段と、

上記第2の切り出し手段からの雑音信号と、上記独立雑音発生手段からの雑音信号とを加算して上記乗算手段に出力する別の加算手段とをさらに備えたことを特徴とする。

また、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記独立雑音発生手段は、  
10 互いに異なる複数の雑音信号を発生し、上記複数の雑音信号を加算して出力することを特徴とする。

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記独立雑音発生手段は、ダイヤモンドディザ型雑音信号を発生することを特徴とする。

15 上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記雑音発生手段は、  
上記雑音発生手段に入力される信号を、その信号のレベルに対して非一様に量子化して出力する非一様量子化手段と、

上記非一様量子化手段からの信号に対して、上記非一様量子化手段の処理とは逆の処理を実行して出力する逆量子化手段と、

20 上記雑音発生手段に入力される信号と、上記逆量子化手段からの信号との差を計算することにより、上記雑音発生手段に入力される信号の量子化雑音信号を発生して出力する減算手段とを備えたことを特徴とする。

ここで、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記非一様量子化手段は、  
入力信号のレベルが大きくなるにつれて、量子化幅を大きくなるように入力信号を量子化することを特徴とする。

25 また、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記非一様量子化手段は、  
Lビットの直線符号をそのランレンジスを1/Nに圧縮して、Mビットのデータを発生して出力し、ここで、L、M及びNは2以上の正の整数であることを特徴とする。

上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記非一様量子化手段は、上位で

所定論理のビットが連続する連続データQ0と、上記連続データQ0の連続性をブレークする反転ビットT0と、上記反転ビットT0以降の下位データD0とで構成されるLビットの直線符号を、上記連続データQ0のランレンジスを圧縮して得られる圧縮された連続データQ1と、上記圧縮された連続データQ1の連続性をブレークする反転ビットT1と、上記ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データF1と、上記下位データD0を丸めて得るようにした仮数データD1とで構成するMビットの圧縮データに変換して出力し、

ここで、上記連続データQ0のランレンジスをL0とし、上記圧縮された連続データQ1のランレンジスをL1とし、Nを2以上の整数とするとき、上記圧縮された連続データQ1のランレンジスL1と、圧縮剩余データF1とは、 $L1 = \text{Int}(L0/N)$  及び  $F1 = L0 \bmod N$  で表され、ここで、Intは引数の整数値を表す関数であり、A  $\bmod$  BはAをBで除算したときの剩余を表す関数であることを特徴とする。

また、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記逆量子化手段は、上位で所定論理のビットが連続する圧縮された連続データQ1、上記圧縮された連続データQ1の連続性をブレークする反転ビットT1、ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データF1及び仮数データD1によって構成する圧縮データを、上記Q1のランレンジスをN倍に伸長し、上記F1の値に応じた長さの連続データを付加し、Q0の連続性をブレークする反転ビットT0を付加し、引き続き上記仮数データD1を付加して、連続データQ0、反転ビットT0及び仮数データD0を読み出して伸長データを出力し、

ここで、上記連続データQ0のランレンジスをL0とし、上記圧縮された連続データQ1のランレンジスをL1とし、圧縮剩余データF1から求める剩余をF1とし、Nを2以上の整数とするとき、 $L0 = L1 * n + F1$  及び  $D0 = D1$  で表され、ここで、\*は乗算を表す算術記号であることを特徴とする。

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記非一様量子化手段は、入力される直線符号を、所定の有効ビット長を有するフローティング符号化してその符号化信号を出力することを特徴とする。

上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記雑音発生手段は、

上記雑音発生手段に入力される信号と、そのレベルに従って変化するようにレベル相関した雑音信号との関係を格納したテーブルメモリ手段と、

上記雑音発生手段に入力される信号に応答して、当該信号に対応する雑音信号を上記テーブルメモリ手段から読み出して出力する変換手段とを備えたことを特徴とする。

上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記信号処理手段は、少なくとも第1のフィルタ手段を備え、上記入力信号の周波数帯域より高い周波数帯域をろ波して取り出すことを特徴とする。

また、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記信号処理手段は、少なくとも $1/f$  フィルタ手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の高域スペクトルに対して、 $1/f$  の低減特性を与えることを特徴とする。

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記信号処理手段は、少なくともエコー付加処理手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の高域スペクトルに対して、エコー信号を付加することを特徴とする。

またさらに、上記オーディオ信号帯域拡張装置において、上記信号処理手段は、少なくとも第2のフィルタ手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の周波数帯域より高い周波数帯域を、ナイキスト周波数を越える周波数帯域を含むようろ波して取り出すことを特徴とする。

第2の発明に係るオーディオ信号帯域拡張方法は、

入力信号を帯域通過ろ波ステップにより帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するようにレベル相関した雑音信号を発生する雑音発生ステップと、

上記発生された雑音信号に対して、加算ステップの加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しあつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理ステップと、

上記入力信号と、上記信号処理ステップからの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算ステップとを含むことを特徴とする。

上記オーディオ信号帯域拡張方法において、

上記帯域通過ろ波ステップの前段に挿入して実行され、上記入力信号をA／D変換する第1の変換ステップと、

上記信号処理ステップと上記加算ステップの間に挿入して実行され、上記信号処理ステップからの出力信号をD／A変換する第2の変換ステップとをさらに含むことを特徴とする。

5 また、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、

上記帯域通過ろ波ステップの前段及び上記加算ステップの前段に挿入して実行され、上記入力信号をオーバーサンプリングしかつ低域通過ろ波して上記帯域通過ろ波ステップ及び上記加算ステップに出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波ステップをさらに含むことを特徴とする。

10 さらに、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、

上記加算ステップの前段に挿入して実行され、上記入力信号をオーバーサンプリングしかつ低域通過ろ波して上記加算ステップに出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波ステップと、

15 上記雑音発生ステップと上記信号処理ステップとの間に挿入して実行され、上記雑音発生ステップからの雑音信号をオーバーサンプリングして上記信号処理ステップに出力するオーバーサンプリングステップとをさらに含むことを特徴とする。

20 またさらに、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号のレベルを検出し、検出したレベルを有するレベル信号を発生して出力するレベル信号発生ステップと、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号に従って雑音信号を発生して出力する雑音信号発生ステップと、

25 上記レベル信号発生ステップからのレベル信号と、上記雑音信号発生ステップからの雑音信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算ステップとを含むことを特徴とする。

また、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記雑音信号発生ステップは、デルタシグマ変調型量子化ステップを含み、上記雑音信号発生ステップにお

いて入力される信号の量子化雑音信号を発生して、上記雑音信号として出力することを特徴とする。

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記雑音発生ステップは、上記雑音発生ステップにおいて入力される信号から所定の上位ビットを切り出<sup>5</sup>して上位ビットを含む信号を出力する第1の切り出しきっぷと、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号から所定の中間ビットと所定の下位ビットの少なくとも一方を切り出して当該少なくとも一方のビットを含む信号を出力する少なくとも1つの第2の切り出しきっぷと、

上記第1の切り出しきっぷからの信号と、上記第2の切り出しきっぷからの信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算ステップとを含むことを特徴とする。<sup>10</sup>

ここで、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記第2の切り出しきっぷは、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び下位ビットと、2つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする。もしくは、上記第2の切り出しきっぷは、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び2つの下位ビットと、3つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする。とて代わって、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記入力信号とは独立である雑音信号を発生する独立雑音発生ステップと、<sup>15</sup>

上記第2の切り出しきっぷからの雑音信号と、上記独立雑音発生ステップからの雑音信号とを加算して上記乗算ステップに出力する別の加算ステップとをさらに含むことを特徴とする。<sup>20</sup>

また、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記独立雑音発生ステップは、互いに異なる複数の雑音信号を発生し、上記複数の雑音信号を加算して出力することを特徴とする。<sup>25</sup>

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記独立雑音発生ステップは、ダイヤモンドディザ型雑音信号を発生することを特徴とする。

上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号を、その信号のレベルに対して非一様に量子化して出力する非一様量子化ステップと、

上記非一様量子化ステップからの信号に対して、上記非一様量子化ステップの処理とは逆の処理を実行して出力する逆量子化ステップと、

5 上記雑音発生ステップにおいて入力される信号と、上記逆量子化ステップからの信号との差を計算することにより、上記雑音発生ステップにおいて入力される信号の量子化雑音信号を発生して出力する減算ステップとを含むことを特徴とする。

10 上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記非一様量子化ステップは、入力信号のレベルが大きくなるにつれて、量子化幅を大きくなるように入力信号を量子化することを特徴とする。

15 また、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記非一様量子化ステップは、Lビットの直線符号をそのランレンジスを $1/N$ に圧縮して、Mビットのデータを発生して出力し、ここで、L、M及びNは2以上の正の整数であることを特徴とする。

20 上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記非一様量子化ステップは、上位で所定論理のビットが連続する連続データQ0と、上記連続データQ0の連続性をブレークする反転ビットT0と、上記反転ビットT0以降の下位データD0とで構成されるLビットの直線符号を、上記連続データQ0のランレンジスを圧縮して得られる圧縮された連続データQ1と、上記圧縮された連続データQ1の連続性をブレークする反転ビットT1と、上記ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データF1と、上記下位データD0を丸めて得るようにした仮数データD1とで構成するMビットの圧縮データに変換して出力し、

25 ここで、上記連続データQ0のランレンジスをL0とし、上記圧縮された連続データQ1のランレンジスをL1とし、Nを2以上の整数とするとき、上記圧縮された連続データQ1のランレンジスL1と、圧縮剩余データF1とは、 $L1 = \text{Int}(L0/N)$  及び  $F1 = L0 \bmod N$  で表され、ここで、Intは引数の整数値を表す関数であり、 $A \bmod B$  はAをBで除算したときの剩余を表す関数であることを特徴とする。

また、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記逆量子化ステップは、上位で所定論理のビットが連続する圧縮された連続データ  $Q_1$ 、上記圧縮された連続データ  $Q_1$  の連続性をブレークする反転ビット  $T_1$ 、ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データ  $F_1$  及び仮数データ  $D_1$  によって構成する圧縮データを、上記  $Q_1$  のランレンジスを  $N$  倍に伸長し、上記  $F_1$  の値に応じた長さの連続データを付加し、 $Q_0$  の連続性をブレークする反転ビット  $T_0$  を付加し、引き続き上記仮数データ  $D_1$  を付加して、連続データ  $Q_0$ 、反転ビット  $T_0$  及び仮数データ  $D_0$  を読み出して伸長データを出力し、

ここで、上記連続データ  $Q_0$  のランレンジスを  $L_0$  とし、上記圧縮された連続データ  $Q_1$  のランレンジスを  $L_1$  とし、圧縮剩余データ  $F_1$  から求める剩余を  $F_1$  とし、 $N$  を 2 以上の整数とするとき、 $L_0 = L_1 * n + F_1$  及び  $D_0 = D_1$  で表され、ここで、\* は乗算を表す算術記号であることを特徴とする。

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記非一様量子化ステップは、入力される直線符号を、所定の有効ビット長を有するフローティング符号化してその符号化信号を出力することを特徴とする。

上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記雑音発生ステップは、上記雑音発生ステップにおいて入力される信号と、そのレベルに従って変化するようにレベル相關した雑音信号との関係を格納したテーブルメモリステップと、上記雑音発生ステップにおいて入力される信号に応答して、当該信号に対応する雑音信号を上記テーブルメモリステップから読み出して出力する変換ステップとを含むことを特徴とする。

上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記信号処理ステップは、少なくとも第 1 のフィルタステップを含み、上記入力信号の周波数帯域より高い周波数帯域をろ波して取り出すことを特徴とする。

また、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記信号処理ステップは、少なくとも  $1/f$  フィルタステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の高域スペクトルに対して、 $1/f$  の低減特性を与えることを特徴とする。

さらに、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記信号処理ステップは、

少なくともエコー付加処理ステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の高域スペクトルに対して、エコー信号を付加することを特徴とする。

5 またさらに、上記オーディオ信号帯域拡張方法において、上記信号処理ステップは、少なくとも第2のフィルタステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の周波数帯域より高い周波数帯域を、ナイキスト周波数を越える周波数帯域を含むようにろ波して取り出すことを特徴とする。

第3の発明に係る光ディスクシステムは、光ディスクに格納されたオーディオ信号を再生する再生装置と、

10 上記再生されたオーディオ信号の帯域を拡張し、拡張後のオーディオ信号を出力する上記オーディオ信号帯域拡張装置とを備えたことを特徴とする。

第4の発明に係るプログラムは、上記オーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むことを特徴とする。

15 第5の発明に係るコンピュータにより読み取り可能な記録媒体は、上記オーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むプログラムを格納したことを特徴とする。

従って、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、入力信号が有する帯域以上で入力信号のレベルに従って変化しレベル相関する雑音信号を発生して入力信号と、スペクトルの連続性を保持するように加算することにより、従来技術に比較して容易にオーディオ帯域が拡張された信号を発生することができる。また、上述のように得られた帯域拡張された信号は原音のレベルに従って変化しつつスペクトルの連続性を保持しているので、帯域拡張された信号の高域成分は人工的なものではなく、原音に対して自然に聴こえるという特有の効果を有している。

25 また、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、帯域通過ろ波処理、レベル相関型白色雑音発生処理、信号処理をデジタル信号処理で実行することにより、回路を構成する部品のばらつきや温度特性により性能ばらつきが発生しない。また、オーディオ信号が回路を通過する毎に音質劣化が発生することもない。さらに、構成しているフィルタの精度追求を行ってもアナログ回路構成と比較して、回路規模が大きくなることもなく、製造コストの増加につな

がらない。

さらに、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、帯域通過ろ波処理及び最後の加算処理の前に、オーバーサンプリング処理を実行しつつ低域通過ろ波処理を実行することにより、A/D変換器の前段で低次のアナログ低域通過フィルタを用いることができ、これにより、フィルタ処理に伴う位相ひずみや雑音を大幅に軽減できる。また、量子化雑音を低減でき、短い量子化ビットでの変換を容易することができる。さらに、入力信号Xのより高い高調波成分を事前に生成して利用できるので、より高い高調波成分を容易に発生できる。

またさらに、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、レベル相関型白色雑音発生処理と信号処理との間にオーバーサンプリング処理を挿入して実行する一方、最後の加算処理の前に入力信号に対してオーバーサンプリング処理及び低域通過ろ波処理を実行することにより、オーバーサンプリング型低域通過フィルタ及びオーバーサンプリング回路よりも後段の回路において信号レートを高く設定することができる。言い換えれば、前段の回路の信号レートを低く設定することができ、回路構成を簡単化できる。

また、本発明に係る光ディスクシステムによれば、光ディスクに格納されたオーディオ信号を再生して、上記再生されたオーディオ信号の帯域を拡張し、拡張後のオーディオ信号を出力することができる。これにより、光ディスクに格納されたオーディオ信号に基づいて、従来技術に比較して容易にオーディオ帯域が拡張された信号を発生することができる。

さらに、本発明に係るプログラムによれば、上記オーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むプログラムを提供できる。

またさらに、本発明に係るコンピュータにより読み取り可能な記録媒体によれば、上記オーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むプログラムを格納した記録媒体を提供できる。

#### 図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る第1の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置100-1の構成を示すブロック図である。

図2は、本発明に係る第2の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張

装置 100-2 の構成を示すブロック図である。

図 3 は、本発明に係る第 3 の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置 100-3 の構成を示すブロック図である。

図 4 は、本発明に係る第 4 の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置 100-4 の構成を示すブロック図である。

図 5 は、図 3 及び図 4 に図示されたオーバーサンプリング型低域通過フィルタ (L P F) 120 の構成を示すブロック図である。

図 6 は、図 5 のオーバーサンプリング回路 11 の動作を示す信号波形図である。

図 7 は、図 1 乃至図 4 のレベル相関型白色雑音発生回路 300 の第 1 の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路 300-1 の構成を示すブロック図である。

図 8 は、図 7 の白色雑音信号発生回路 320 の構成を示すブロック図である。

図 9 は、図 1 乃至図 4 のレベル相関型白色雑音発生回路 300 の第 2 の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路 300-2 の構成を示すブロック図である。

図 10 は、図 1 乃至図 4 のレベル相関型白色雑音発生回路 300 の第 3 の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路 300-3 の構成を示すブロック図である。

図 11 は、図 1 乃至図 4 のレベル相関型白色雑音発生回路 300 の第 4 の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路 300-4 の構成を示すブロック図である。

図 12 は、図 1 乃至図 4 のレベル相関型白色雑音発生回路 300 の第 5 の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路 300-5 の構成を示すブロック図である。

図 13 は、図 11 の独立型白色雑音発生回路 380 の構成を示すブロック図である。

図 14 は、図 13 の PN 系列雑音信号発生回路 30-n (n = 1, 2, …, N) の構成を示すブロック図である。

図 15 は、図 1 乃至図 4 のレベル相関型白色雑音発生回路 300 の第 6 の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路 300-6 の構成を示すブロック図である。

図16Aは、図9のレベル相関型白色雑音発生回路300-2, 300-5, 300-6用ピット切り出し位置を示すピット配置図である。

図16Bは、図9のレベル相関型白色雑音発生回路300-2, 300-5, 300-6用ピット切り出し位置の変形例を示すピット配置図である。

5 図17Aは、図10のレベル相関型白色雑音発生回路300-3用ピット切り出し位置を示すピット配置図である。

図17Bは、図11のレベル相関型白色雑音発生回路300-4用ピット切り出し位置を示すピット配置図である。

10 図18Aは、図13の独立型白色雑音発生回路380においてN=1のときに発生される白色雑音信号の振幅レベルに対する確率密度関数を示すグラフである。

図18Bは、図13の独立型白色雑音発生回路380においてN=2のときに発生されるダイヤモンド型雑音信号の振幅レベルに対する確率密度関数を示すグラフである。

15 図18Cは、図13の独立型白色雑音発生回路380においてN=3のときに発生されるベル型雑音信号の振幅レベルに対する確率密度関数を示すグラフである。

図19は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第7の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-7の構成を示すブロック図である。

20 図20は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第8の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-8の構成を示すブロック図である。

25 図21は、図19及び図20の非一様量子化器351, 352又は353によるランレングス1/4圧縮フローティング符号化、並びに、8ビット、16ビット又は24ビットの直線符号化における入力レベルに対する瞬時信号対雑音比(瞬時S/N)を示すグラフである。

図22は、図19及び図20の非一様量子化器351, 352又は353によるランレングス1/4圧縮フローティング符号化、並びに、8ビット、16ビット又は24ビットの直線符号化における入力レベルに対する量子化雑音レベルを

示すグラフである。

図23Aは、図19及び図20の非一様量子化器351, 352又は353によるランレングス1/4圧縮フローティング符号化前のデータフォーマットを示す図である。

5 図23Bは、図19及び図20の非一様量子化器351, 352又は353によるランレングス1/4圧縮フローティング符号化後のデータフォーマットを示す図である。

10 図24は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第9の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-9の構成を示すブロック図である。

図25は、図1乃至図4の信号処理回路400の構成を示すブロック図である。

図26は、図25の1/f特性フィルタ420の1/f特性の周波数特性を示すグラフである。

15 図27は、図25の1/f特性フィルタ420の変形例である1/f<sup>2</sup>特性の周波数特性を示すグラフである。

図28は、図25のエコー付加回路480の一実施例であるトランスバーサルフィルタの構成を示すブロック図である。

20 図29Aは、図3の第3の好ましい実施形態に係るオーディオ信号帯域拡張装置100-3の動作（p=2のとき、すなわち2倍のオーバーサンプリングのとき）における、入力信号Xの周波数スペクトル図である。

図29Bは、図29Aと同様の動作における、LPF120からの出力信号の周波数スペクトル図である。

図29Cは、図29Aと同様の動作における、回路300からの出力信号の周波数スペクトル図である。

25 図29Dは、図29Aと同様の動作における、回路400からの周波数スペクトル図である。

図29Eは、図29Aと同様の動作における、出力信号Wの周波数スペクトル図である。

図30Aは、図4の第4の好ましい実施形態に係るオーディオ信号帯域拡張装

置 100-4 の動作 ( $p = 2$  のとき、すなわち 2 倍のオーバーサンプリングのとき) における、入力信号 X の周波数スペクトル図である。

図 30B は、図 30A と同様の動作における、回路 300 からの出力信号の周波数スペクトル図である。

5 図 30C は、図 30A と同様の動作における、回路 400 からの周波数スペクトル図である。

図 30D は、図 30A と同様の動作における、出力信号 W の周波数スペクトル図である。

10 図 31A は、図 3 の第 3 の好ましい実施形態に係るオーディオ信号帯域拡張装置 100-3 の動作 ( $p = 4$  のとき、すなわち 4 倍のオーバーサンプリングのとき) における、入力信号 X の周波数スペクトル図である。

図 31B は、図 31A と同様の動作における、LPF120 からの出力信号の周波数スペクトル図である。

15 図 31C は、図 31A と同様の動作における、回路 300 からの出力信号の周波数スペクトル図である。

図 31D は、図 31A と同様の動作における、回路 400 からの周波数スペクトル図である。

図 31E は、図 31A と同様の動作における、出力信号 W の周波数スペクトル図である。

20 図 32A は、図 4 の第 4 の好ましい実施形態に係るオーディオ信号帯域拡張装置 100-4 の動作 ( $p = 4$  のとき、すなわち 4 倍のオーバーサンプリングのとき) における、入力信号 X の周波数スペクトル図である。

図 32B は、図 32A と同様の動作における、回路 300 からの出力信号の周波数スペクトル図である。

25 図 32C は、図 32A と同様の動作における、回路 400 からの周波数スペクトル図である。

図 32D は、図 32A と同様の動作における、出力信号 W の周波数スペクトル図である。

図 33A は、図 31A 乃至図 31E 及び図 32A 乃至図 32D の変形例であつ

て、 $1/f$ 特性フィルタ420に代わる折り返し雑音歪除去用フィルタの特性を示す周波数スペクトル図である。

図33Bは、図33Aの折り返し雑音歪除去用フィルタからの出力信号Wの周波数スペクトル図である。

5 図34は、オーディオ信号帯域拡張装置のアプリケーションの一例である、本発明の第5の好ましい実施形態に係る光ディスク再生システム500の構成を示すブロック図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

10 以下、図面を参照して本発明に係る好ましい実施形態について説明する。なお、添付の図面において、同様の構成要素については、同一の符号を付し、その詳細な説明を省略する。

#### 第1の好ましい実施形態。

15 図1は、本発明に係る第1の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置100-1の構成を示すブロック図である。この第1の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置100-1は、図1に示すように、入力端子101と出力端子102との間に挿入されるアナログ信号処理回路であって、帯域通過フィルタ(BPF)200と、レベル相関型白色雑音発生回路300と、信号処理回路400と、加算器800とを備えて構成される。

20 図1において、アナログオーディオ信号(以下、入力信号という。)Xが入力端子101を介して帯域通過フィルタ200及び加算器800に入力される。この入力信号Xは、例えばコンパクトディスク(CD)から再生された信号であり、例えば、20Hzから20kHzまでの帯域を有する信号である。帯域通過フィルタ200は、入力信号Xの帯域のうちの一部の帯域(以下、部分帯域という。)これは、例えば、そのより高い帯域である10kHzから20kHzまでの帯域である。もしくは、別の例では、5kHzから15kHzまでの帯域である。)を帯域通過ろ波した後、レベル相関型白色雑音発生回路300に出力する。次いで、レベル相関型白色雑音発生回路300は、入力端子301を介して入力される部分帯域のオーディオ信号のレベルに従って変化するレベルを有し、すなわちレベル相関したレベルを有する白色雑音信号を発生して、出力端子302を介し

て信号処理回路400に出力する。さらに、信号処理回路400は、入力される白色雑音信号に対して、所定の帯域通過ろ波処理、エコー付加処理及びレベル調整処理を含み、いわば所定の伝達関数を乗算する信号処理を実行して、処理後の白色雑音信号を加算器800に出力する。そして、加算器800は信号処理回路5 400からの白色雑音信号と、入力信号Xとを加算し、加算結果の帯域拡張された信号を出力信号Wとして出力する。

なお、信号処理回路400の処理の詳細については、図25を参照して詳細後述する。ここで、信号処理回路400の帯域通過ろ波処理における帯域通過帯域の下限周波数は、好ましくは、入力信号Xの最大周波数に実質的に一致し、加算器800における2つの信号の加算処理でこれら2つの信号の当該下限周波数におけるレベルが実質的に一致させてスペクトルの連続性を保持することが好ましい。また、上記帯域通過ろ波処理における帯域通過帯域の上限周波数は、好ましくは、入力信号Xの最大周波数の2倍又は4倍以上に設定される。さらに、もし、帯域通過フィルタ200の帯域通過特性が例えば10kHzから20kHzまでのように、その上限周波数がナイキスト周波数と同一であれば、帯域通過フィルタ200を、10kHz以上を通過させる高域通過フィルタに置き換えてよい。

以上のように構成されたオーディオ信号帯域拡張装置100-1によれば、従来例に比較して、レベル検出が不要であり、簡単な構成で容易にオーディオ帯域を拡張したオーディオ信号を発生することができる。また、得られた帯域拡張された信号は入力信号Xの原音のレベルに従って変化して相関しており、かつスペクトルの連続性を保持しているので、帯域拡張された信号の高域成分は人工的なものではなく、原音に対して自然に聴こえるという特有の効果を有する。

以上的好ましい実施形態においては、帯域通過フィルタ200を設けているが、本発明はこれに限らず、設けなくてもよい。この場合、レベル相関型白色雑音発生回路300は、入力信号Xのレベルに従って変化するようにレベル相関する白色雑音信号を発生する。

## 第2の好ましい実施形態。

図2は、本発明に係る第2の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置100-2の構成を示すブロック図である。この第2の好ましい実施形態で

あるオーディオ信号帯域拡張装置100-2は、図1のオーディオ信号帯域拡張装置100-1に比較して、帯域通過フィルタ(BPF)200、レベル相関型白色雑音発生回路300及び信号処理回路400の各処理をアナログ信号処理に代えて、デジタル信号処理で実行するために、帯域通過フィルタ130の前段にA/D変換器130を挿入するとともに、信号処理回路400の後段に挿入したことを特徴としている。以下、当該相違点について詳述する。

図2において、入力信号XはA/D変換器130によりA/D変換されて、例えば、サンプリング周波数 $f_s = 44.1\text{ kHz}$ と、語長=16ビットとを有する信号となる。また、D/A変換器131は信号処理回路400からの出力信号をD/A変換してアナログオーディオ信号を加算器800に出力する。そして、加算器800はアナログオーディオ信号である入力信号と、D/A変換された帯域拡張信号とを加算して、加算結果のオーディオ信号を出力する。

以上のように構成されたオーディオ信号帯域拡張装置100-2によれば、図1のオーディオ信号帯域拡張装置100-1と同様の作用効果を有するとともに、帯域通過フィルタ(BPF)200、レベル相関型白色雑音発生回路300及び信号処理回路400の各処理をデジタル信号処理で行っているので、デジタル・シグナル・プロセッサ(以下、DSPという。)などを用いて当該処理をソフトウェアで指定して実行することができ、ハードウェアの構成が従来例に比較して簡単になる。また、この場合、ソフトウェアを変更することにより、上記デジタル信号処理の処理内容を容易に変更することができる。

### 第3の好ましい実施形態。

図3は、本発明に係る第3の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置100-3の構成を示すブロック図である。この第3の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置100-3は、図1のオーディオ信号帯域拡張装置100-1に比較して、以下の点が異なる。

- (1) 入力信号X及び出力信号Wをデジタルオーディオ信号とした。
- (2) オーディオ信号帯域拡張装置100-3内の処理をすべてデジタル信号処理で実行した。
- (3) 帯域通過フィルタ(BPF)200及び加算器120の前段に、オーバー

サンプリング型低域通過フィルタ（L P F）120を挿入した。

以下、当該相違点について詳述する。

図3において、デジタルオーディオ信号である入力信号Xが入力端子101を介してオーバーサンプリング型低域通過フィルタ120に入力される。このデジタルオーディオ信号は、例えばコンパクトディスク（CD）から再生された信号であり、このとき、当該信号は、サンプリング周波数  $f_s = 44.1 \text{ kHz}$  と、語長=16ビットとを有する信号である。オーバーサンプリング型低域通過フィルタ120は、図5に示すように、オーバーサンプリング回路11と、デジタル低域通過フィルタ（L P F）12とを備えて構成され、入力端子101を介して入力されたデジタルオーディオ信号のサンプリング周波数  $f_s$  をp倍（pは、2以上の正の整数である。）し、かつ周波数  $f_s/2$  から周波数  $p f_s/2$  までの不要な帯域の信号を60dB以上減衰させるデジタルフィルタ回路である。

例えば、 $p = 2$ であるとき、サンプリング周波数  $f_s$ （サンプリング周期  $T_s = 1/f_s$ ）を有するデジタルオーディオ信号は、オーバーサンプリング回路11に入力され、オーバーサンプリング回路11は、入力されたデジタルオーディオ信号のデータD1に対して、図6に示すように、各隣接する2つのデータD1の中間位置（時間軸に対して）にサンプリング周期  $T_s$  でゼロデータD2を挿入して補間することによりオーバーサンプリング処理を実行して、サンプリング周波数  $2 f_s$ （サンプリング周期  $T_s/2$ ）を有するデジタルオーディオ信号に変換した後、デジタル低域通過フィルタ12に出力する。デジタル低域通過フィルタ12は、

(a) 周波数  $0 \sim 0.45 f_s$  の通過帯域と、  
(b) 周波数  $0.54 f_s \sim f_s$  の阻止帯域と、  
(c) 周波数  $f_s$  以上で60dB以上の減衰量とを有して、入力デジタルオーディオ信号を低域通過ろ波することにより、上記オーバーサンプリング処理により発生される折り返し雑音を除去するように帯域制限して、実質的に入力デジタルオーディオ信号の持つ有効な帯域（周波数  $0 \sim 0.45 f_s$ ）のみを通過させた後、図3の加算器800及び帯域通過フィルタ

200に出力する。

さらに、加算器800は、オーバーサンプリングされかつ低域通過ろ波されたデジタルオーディオ信号と、信号処理回路400からのデジタル帯域拡張信号とを加算して、加算結果のオーディオ信号を出力信号Wとして出力する。

5 以上のように構成されたオーディオ信号帯域拡張装置100-3によれば、図1及び図2のオーディオ信号帯域拡張装置100-1, 100-2と同様の作用効果を有するとともに、すべての処理をデジタル信号処理で実行しているので、DSPなどを用いて当該処理をソフトウェアで指定して実行することができ、ハードウェアの構成が従来例に比較して簡単になる。また、この場合、ソフトウェアを変更することにより、上記デジタル信号処理の処理内容を容易に変更することができる。さらに、オーバーサンプリング型低域通過フィルタ120を用いて入力信号Xをオーバーサンプリング処理及び低域通過ろ波処理を実行しているので、以下の特有の効果を有する。

15 (1) A/D変換器の前段で低次のアナログ低域通過フィルタを用いることができ、これにより、フィルタ処理に伴う位相ひずみや雑音を大幅に軽減できる。

(2) 量子化雑音を低減でき、短い量子化ビットでの変換を容易することができる。

(3) 入力信号Xのより高い高調波成分を事前に生成して利用できるので、より高い高調波成分を容易に発生できる。

20 第4の好ましい実施形態。

図4は、本発明に係る第4の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置100-4の構成を示すブロック図である。この第4の好ましい実施形態であるオーディオ信号帯域拡張装置100-4は、図3のオーディオ信号帯域拡張装置100-3に比較して、以下の点が異なる。

25 (1) オーバーサンプリング型帯域通過フィルタ120を、入力端子101と加算器800との間に挿入した。

(2) レベル相関型白色雑音発生回路300と信号処理回路400との間に、オーバーサンプリング回路121を挿入した。

以下、当該相違点について詳述する。

図4において、オーバーサンプリング型低域通過フィルタ120は入力信号Xに対してオーバーサンプリング処理及び低域通過ろ波処理を実行して加算器80に出力する。また、オーバーサンプリング回路121はレベル相関型白色雑音発生回路300から出力される白色雑音信号に対してオーバーサンプリング処理を実行した後、信号処理回路400に出力する。従って、オーバーサンプリング型低域通過フィルタ120及びオーバーサンプリング回路121よりも後段の回路において信号レートを高く設定することができる。言い換れば、前段の回路の信号レートを低く設定することができ、回路構成を簡単化できる。以上のように構成されたオーディオ信号帯域拡張装置100-4によれば、第3の好ましい実施形態に係るオーディオ信号帯域拡張装置100-3と同様の作用効果を有する。

#### 第1の実施例.

図7は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第1の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-1の構成を示すブロック図である。図7において、レベル相関型白色雑音発生回路300-1は、入力端子301と出力端子302とを有し、レベル信号発生回路310と、白色雑音信号発生回路320と、乗算器340とを備えて構成されたことを特徴としている。

図7において、所定の部分帯域を有するオーディオ信号は入力端子301を介してレベル信号発生回路310及び白色雑音信号発生回路320に入力される。レベル信号発生回路310は入力されるオーディオ信号のレベルを検出し、検出したレベルを有するレベル信号を発生して乗算器340に出力する。このレベル信号発生回路310の具体例は、図9乃至図12の上位ビット切り出し回路311であり、入力信号の上位ビットはそのレベルを示しているので、上位ビット切り出し回路311から出力されるビットの信号は入力信号の概略レベルを示している。また、白色雑音信号発生回路320は、例えば、図8の1次のデルタシグマ変調型量子化器20で構成され、入力信号のレベルには関係無く略固定レベルの白色雑音信号を発生して乗算器340に出力する。そして、乗算器340は入力される白色雑音信号とレベル信号とを乗算することにより、白色雑音信号のレベルがレベル信号に応じて変化する白色雑音信号を発生して出力端子302を介

して出力する。

図8は、図7の白色雑音信号発生回路320の構成を示すブロック図である。

図8において、白色雑音信号発生回路320は、1次のデルタシグマ変調型量子化器20で構成され、当該量子化器20は、減算器21と、量子化を行う量子化器22と、減算器23と、1サンプルの遅延を行う遅延回路24とを備えて構成される。  
5

図8において、帯域通過フィルタ200からの入力信号は入力端子301を介して減算器21に出力される。減算器81は、帯域通過フィルタ200からのオーディオ信号から、遅延回路24からのオーディオ信号を減算し、減算結果のオーディオ信号を遅延回路24を介して減算器21に出力する。上記減算器23から出力される減算結果のオーディオ信号は量子化時に発生する量子化雑音を示す量子化雑音信号であり、当該量子化雑音信号は出力端子303を介して乗算器340に出力される。図8に示すごとく構成された1次のデルタシグマ変調型量子化器20において、オーバーサンプリング型低域通過フィルタ1からのデジタルオーディオ信号に基づいて、1次のデルタシグマ変調した変調信号を発生し、すなわち、原音のオーディオ信号に基づいて発生された帯域信号である雑音信号を発生することができる。  
10  
15

なお、図8の白色雑音信号発生回路320においては、1次のデルタシグマ変調型量子化器20を用いているが、本発明はこれに限らず、複数次のデルタシグマ変調型量子化器を用いてもよい。また、デルタシグマ変調型量子化器に代えて、入力されるオーディオ信号をシグマデルタ変調するシグマデルタ変調型量子化器を用いてもよい。  
20

## 第2の実施例。

図9は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第2の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-2の構成を示すブロック図である。  
25  
図9において、レベル相関型白色雑音発生回路300-2は、入力端子301と出力端子302を有し、上ビット切り出し回路311と、下位ビット切り出し回路321と、乗算器340とを備えて構成される。ここで、上ビット切り出し回路311は入力端子301を介して入力される入力信号のうち、図16A又は図

16 Bに示すように、例えば上位10ビット（b0—b9）を切り出して、当該10ビットの信号をレベル検出信号として乗算器340に出力する。ここで、最上位ビットb0は符号ビットPである。また、下位ビット切り出し回路321は5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60  
65  
70  
75  
80  
85  
90  
95  
100  
105  
110  
115  
120  
125  
130  
135  
140  
145  
150  
155  
160  
165  
170  
175  
180  
185  
190  
195  
200  
205  
210  
215  
220  
225  
230  
235  
240  
245  
250  
255  
260  
265  
270  
275  
280  
285  
290  
295  
300  
305  
310  
315  
320  
325  
330  
335  
340  
345  
350  
355  
360  
365  
370  
375  
380  
385  
390  
395  
400  
405  
410  
415  
420  
425  
430  
435  
440  
445  
450  
455  
460  
465  
470  
475  
480  
485  
490  
495  
500  
505  
510  
515  
520  
525  
530  
535  
540  
545  
550  
555  
560  
565  
570  
575  
580  
585  
590  
595  
600  
605  
610  
615  
620  
625  
630  
635  
640  
645  
650  
655  
660  
665  
670  
675  
680  
685  
690  
695  
700  
705  
710  
715  
720  
725  
730  
735  
740  
745  
750  
755  
760  
765  
770  
775  
780  
785  
790  
795  
800  
805  
810  
815  
820  
825  
830  
835  
840  
845  
850  
855  
860  
865  
870  
875  
880  
885  
890  
895  
900  
905  
910  
915  
920  
925  
930  
935  
940  
945  
950  
955  
960  
965  
970  
975  
980  
985  
990  
995  
1000  
1005  
1010  
1015  
1020  
1025  
1030  
1035  
1040  
1045  
1050  
1055  
1060  
1065  
1070  
1075  
1080  
1085  
1090  
1095  
1100  
1105  
1110  
1115  
1120  
1125  
1130  
1135  
1140  
1145  
1150  
1155  
1160  
1165  
1170  
1175  
1180  
1185  
1190  
1195  
1200  
1205  
1210  
1215  
1220  
1225  
1230  
1235  
1240  
1245  
1250  
1255  
1260  
1265  
1270  
1275  
1280  
1285  
1290  
1295  
1300  
1305  
1310  
1315  
1320  
1325  
1330  
1335  
1340  
1345  
1350  
1355  
1360  
1365  
1370  
1375  
1380  
1385  
1390  
1395  
1400  
1405  
1410  
1415  
1420  
1425  
1430  
1435  
1440  
1445  
1450  
1455  
1460  
1465  
1470  
1475  
1480  
1485  
1490  
1495  
1500  
1505  
1510  
1515  
1520  
1525  
1530  
1535  
1540  
1545  
1550  
1555  
1560  
1565  
1570  
1575  
1580  
1585  
1590  
1595  
1600  
1605  
1610  
1615  
1620  
1625  
1630  
1635  
1640  
1645  
1650  
1655  
1660  
1665  
1670  
1675  
1680  
1685  
1690  
1695  
1700  
1705  
1710  
1715  
1720  
1725  
1730  
1735  
1740  
1745  
1750  
1755  
1760  
1765  
1770  
1775  
1780  
1785  
1790  
1795  
1800  
1805  
1810  
1815  
1820  
1825  
1830  
1835  
1840  
1845  
1850  
1855  
1860  
1865  
1870  
1875  
1880  
1885  
1890  
1895  
1900  
1905  
1910  
1915  
1920  
1925  
1930  
1935  
1940  
1945  
1950  
1955  
1960  
1965  
1970  
1975  
1980  
1985  
1990  
1995  
2000  
2005  
2010  
2015  
2020  
2025  
2030  
2035  
2040  
2045  
2050  
2055  
2060  
2065  
2070  
2075  
2080  
2085  
2090  
2095  
2100  
2105  
2110  
2115  
2120  
2125  
2130  
2135  
2140  
2145  
2150  
2155  
2160  
2165  
2170  
2175  
2180  
2185  
2190  
2195  
2200  
2205  
2210  
2215  
2220  
2225  
2230  
2235  
2240  
2245  
2250  
2255  
2260  
2265  
2270  
2275  
2280  
2285  
2290  
2295  
2300  
2305  
2310  
2315  
2320  
2325  
2330  
2335  
2340  
2345  
2350  
2355  
2360  
2365  
2370  
2375  
2380  
2385  
2390  
2395  
2400  
2405  
2410  
2415  
2420  
2425  
2430  
2435  
2440  
2445  
2450  
2455  
2460  
2465  
2470  
2475  
2480  
2485  
2490  
2495  
2500  
2505  
2510  
2515  
2520  
2525  
2530  
2535  
2540  
2545  
2550  
2555  
2560  
2565  
2570  
2575  
2580  
2585  
2590  
2595  
2600  
2605  
2610  
2615  
2620  
2625  
2630  
2635  
2640  
2645  
2650  
2655  
2660  
2665  
2670  
2675  
2680  
2685  
2690  
2695  
2700  
2705  
2710  
2715  
2720  
2725  
2730  
2735  
2740  
2745  
2750  
2755  
2760  
2765  
2770  
2775  
2780  
2785  
2790  
2795  
2800  
2805  
2810  
2815  
2820  
2825  
2830  
2835  
2840  
2845  
2850  
2855  
2860  
2865  
2870  
2875  
2880  
2885  
2890  
2895  
2900  
2905  
2910  
2915  
2920  
2925  
2930  
2935  
2940  
2945  
2950  
2955  
2960  
2965  
2970  
2975  
2980  
2985  
2990  
2995  
3000  
3005  
3010  
3015  
3020  
3025  
3030  
3035  
3040  
3045  
3050  
3055  
3060  
3065  
3070  
3075  
3080  
3085  
3090  
3095  
3100  
3105  
3110  
3115  
3120  
3125  
3130  
3135  
3140  
3145  
3150  
3155  
3160  
3165  
3170  
3175  
3180  
3185  
3190  
3195  
3200  
3205  
3210  
3215  
3220  
3225  
3230  
3235  
3240  
3245  
3250  
3255  
3260  
3265  
3270  
3275  
3280  
3285  
3290  
3295  
3300  
3305  
3310  
3315  
3320  
3325  
3330  
3335  
3340  
3345  
3350  
3355  
3360  
3365  
3370  
3375  
3380  
3385  
3390  
3395  
3400  
3405  
3410  
3415  
3420  
3425  
3430  
3435  
3440  
3445  
3450  
3455  
3460  
3465  
3470  
3475  
3480  
3485  
3490  
3495  
3500  
3505  
3510  
3515  
3520  
3525  
3530  
3535  
3540  
3545  
3550  
3555  
3560  
3565  
3570  
3575  
3580  
3585  
3590  
3595  
3600  
3605  
3610  
3615  
3620  
3625  
3630  
3635  
3640  
3645  
3650  
3655  
3660  
3665  
3670  
3675  
3680  
3685  
3690  
3695  
3700  
3705  
3710  
3715  
3720  
3725  
3730  
3735  
3740  
3745  
3750  
3755  
3760  
3765  
3770  
3775  
3780  
3785  
3790  
3795  
3800  
3805  
3810  
3815  
3820  
3825  
3830  
3835  
3840  
3845  
3850  
3855  
3860  
3865  
3870  
3875  
3880  
3885  
3890  
3895  
3900  
3905  
3910  
3915  
3920  
3925  
3930  
3935  
3940  
3945  
3950  
3955  
3960  
3965  
3970  
3975  
3980  
3985  
3990  
3995  
4000  
4005  
4010  
4015  
4020  
4025  
4030  
4035  
4040  
4045  
4050  
4055  
4060  
4065  
4070  
4075  
4080  
4085  
4090  
4095  
4100  
4105  
4110  
4115  
4120  
4125  
4130  
4135  
4140  
4145  
4150  
4155  
4160  
4165  
4170  
4175  
4180  
4185  
4190  
4195  
4200  
4205  
4210  
4215  
4220  
4225  
4230  
4235  
4240  
4245  
4250  
4255  
4260  
4265  
4270  
4275  
4280  
4285  
4290  
4295  
4300  
4305  
4310  
4315  
4320  
4325  
4330  
4335  
4340  
4345  
4350  
4355  
4360  
4365  
4370  
4375  
4380  
4385  
4390  
4395  
4400  
4405  
4410  
4415  
4420  
4425  
4430  
4435  
4440  
4445  
4450  
4455  
4460  
4465  
4470  
4475  
4480  
4485  
4490  
4495  
4500  
4505  
4510  
4515  
4520  
4525  
4530  
4535  
4540  
4545  
4550  
4555  
4560  
4565  
4570  
4575  
4580  
4585  
4590  
4595  
4600  
4605  
4610  
4615  
4620  
4625  
4630  
4635  
4640  
4645  
4650  
4655  
4660  
4665  
4670  
4675  
4680  
4685  
4690  
4695  
4700  
4705  
4710  
4715  
4720  
4725  
4730  
4735  
4740  
4745  
4750  
4755  
4760  
4765  
4770  
4775  
4780  
4785  
4790  
4795  
4800  
4805  
4810  
4815  
4820  
4825  
4830  
4835  
4840  
4845  
4850  
4855  
4860  
4865  
4870  
4875  
4880  
4885  
4890  
4895  
4900  
4905  
4910  
4915  
4920  
4925  
4930  
4935  
4940  
4945  
4950  
4955  
4960  
4965  
4970  
4975  
4980  
4985  
4990  
4995  
5000  
5005  
5010  
5015  
5020  
5025  
5030  
5035  
5040  
5045  
5050  
5055  
5060  
5065  
5070  
5075  
5080  
5085  
5090  
5095  
5100  
5105  
5110  
5115  
5120  
5125  
5130  
5135  
5140  
5145  
5150  
5155  
5160  
5165  
5170  
5175  
5180  
5185  
5190  
5195  
5200  
5205  
5210  
5215  
5220  
5225  
5230  
5235  
5240  
5245  
5250  
5255  
5260  
5265  
5270  
5275  
5280  
5285  
5290  
5295  
5300  
5305  
5310  
5315  
5320  
5325  
5330  
5335  
5340  
5345  
5350  
5355  
5360  
5365  
5370  
5375  
5380  
5385  
5390  
5395  
5400  
5405  
5410  
5415  
5420  
5425  
5430  
5435  
5440  
5445  
5450  
5455  
5460  
5465  
5470  
5475  
5480  
5485  
5490  
5495  
5500  
5505  
5510  
5515  
5520  
5525  
5530  
5535  
5540  
5545  
5550  
5555  
5560  
5565  
5570  
5575  
5580  
5585  
5590  
5595  
5600  
5605  
5610  
5615  
5620  
5625  
5630  
5635  
5640  
5645  
5650  
5655  
5660  
5665  
5670  
5675  
5680  
5685  
5690  
5695  
5700  
5705  
5710  
5715  
5720  
5725  
5730  
5735  
5740  
5745  
5750  
5755  
5760  
5765  
5770  
5775  
5780  
5785  
5790  
5795  
5800  
5805  
5810  
5815  
5820  
5825  
5830  
5835  
5840  
5845  
5850  
5855  
5860  
5865  
5870  
5875  
5880  
5885  
5890  
5895  
5900  
5905  
5910  
5915  
5920  
5925  
5930  
5935  
5940  
5945  
5950  
5955  
5960  
5965  
5970  
5975  
5980  
5985  
5990  
5995  
6000  
6005  
6010  
6015  
6020  
6025  
6030  
6035  
6040  
6045  
6050  
6055  
6060  
6065  
6070  
6075  
6080  
6085  
6090  
6095  
6100  
6105  
6110  
6115  
6120  
6125  
6130  
6135  
6140  
6145  
6150  
6155  
6160  
6165  
6170  
6175  
6180  
6185  
6190  
6195  
6200  
6205  
6210  
6215  
6220  
6225  
6230  
6235  
6240  
6245  
6250  
6255  
6260  
6265  
6270  
6275  
6280  
6285  
6290  
6295  
6300  
6305  
6310  
6315  
6320  
6325  
6330  
6335  
6340  
6345  
6350  
6355  
6360  
6365  
6370  
6375  
6380  
6385  
6390  
6395  
6400  
6405  
6410  
6415  
6420  
6425  
6430  
6435  
6440  
6445  
6450  
6455  
6460  
6465  
6470  
6475  
6480  
6485  
6490  
6495  
6500  
6505  
6510  
6515  
6520  
6525  
6530  
6535  
6540  
6545  
6550  
6555  
6560  
6565  
6570  
6575  
6580  
6585  
6590  
6595  
6600  
6605  
6610  
6615  
6620  
6625  
6630  
6635  
6640  
6645  
6650  
6655  
6660  
6665  
6670  
6675  
6680  
6685  
6690  
6695  
6700  
6705  
6710  
6715  
6720  
6725  
6730  
6735  
6740  
6745  
6750  
6755  
6760  
6765  
6770  
6775  
6780  
6785  
6790  
6795  
6800  
6805  
6810  
6815  
6820  
6825  
6830  
6835  
6840  
6845  
6850  
6855  
6860  
6865  
6870  
6875  
6880  
6885  
6890  
6895  
6900  
6905  
6910  
6915  
6920  
6925  
6930  
6935  
6940  
6945  
6950  
6955  
6960  
6965  
6970  
6975  
6980  
6985  
6990  
6995  
7000  
7005  
7010  
7015  
7020  
7025  
7030  
7035  
7040  
7045  
7050  
7055  
7060  
7065  
7070  
7075  
7080  
7085  
7090  
7095  
7100  
7105  
7110  
7115  
7120  
7125  
7130  
7135  
7140  
7145  
7150  
7155  
7160  
7165  
7170  
7175  
7180  
7185  
7190  
7195  
7200  
7205  
7210  
7215  
7220  
7225  
7230  
7235  
7240  
7245  
7250  
7255  
7260  
7265  
7270  
7275  
7280  
7285  
7290  
7295  
7300  
7305  
7310  
7315  
7320  
7325  
7330  
7335  
7340  
7345  
7350  
7355  
7360  
7365  
7370  
7375  
7380  
7385  
7390  
7395  
7400  
7405  
7410  
7415  
7420  
7425  
7430  
7435  
7440  
7445  
7450  
7455  
7460  
7465  
7470  
7475  
7480  
7485  
7490  
7495  
7500  
7505  
7510  
7515  
7520  
7525  
7530  
7535  
7540  
7545  
7550  
7555  
7560  
7565  
7570  
7575  
7580  
7585  
7590  
7595  
7600  
7605  
7610  
7615  
7620  
7625  
7630  
7635  
7640  
7645  
7650  
7655  
7660  
7665  
7670  
7675  
7680  
7685  
7690  
7695  
7700  
7705  
7710  
7715  
7720  
7725  
7730  
7735  
7740  
7745  
7750  
7755  
7760  
7765  
7770  
7775  
7780  
7785  
7790  
7795  
7800  
7805  
7810  
7815  
7820  
7825  
7830  
7835  
7840  
7845  
7850  
7855  
7860  
7865  
7870  
7875  
7880  
7885  
7890  
7895  
7900  
7905  
7910  
7915  
7920  
7925  
7930  
7935  
7940  
7945  
7950  
7955  
7960  
7965  
7970  
7975  
7980  
7985  
7990  
7995  
8000  
8005  
8010  
8015  
8020  
8025  
8030  
8035  
8040  
8045  
8050  
8055  
8060  
8065  
8070  
8075  
8080  
8085  
8090  
8095  
8100  
8105  
8110  
8115  
8120  
8125  
8130  
8135  
8140  
8145  
8150  
8155  
8160  
8165  
8170  
8175  
8180  
8185  
8190  
8195  
8200  
8205  
8210  
8215  
8220  
8225  
8230  
8235  
8240  
8245  
8250  
8255  
8260  
8265  
8270  
8275  
8280  
8285  
8290  
8295  
8300  
8305  
8310  
8315  
8320  
8325  
8330  
8335  
8340  
8345  
8350  
8355  
8360  
8365  
8370  
8375  
8380  
8385  
8390  
8395  
8400  
8405  
8410  
8415  
8420  
8425  
8430  
8435  
8440  
8445  
8450  
8455  
8460  
8465  
8470  
8475  
8480  
8485  
8490  
8495  
8500  
8505  
8510  
8515  
8520  
8525  
8530  
8535  
8540  
8545  
8550  
8555  
8560  
8565  
8570  
8575  
8580  
8585  
8590  
8595  
8600  
8605  
8610  
8615  
8620  
8625  
8630  
8635  
8640  
8645  
8650  
8655  
8660  
8665  
8670  
8675  
8680  
8685  
8690  
8695  
8700  
8705  
8710  
8715  
8720  
8725  
8730  
8735  
8740  
8745  
8750  
8755  
8760  
8765  
8770  
8775  
8780  
8785  
8790  
8795  
8800  
8805  
8810  
8815  
8820  
8825  
8830  
8835  
8840  
8845  
8850  
8855  
8860  
8865  
8870  
8875  
8880  
8885  
8890  
8895  
8900  
8905  
8910  
8915  
8920  
8925  
8930  
8935  
8940  
8945  
8950  
8955  
8960  
8965  
8970  
8975  
8980  
8985  
8990  
8995  
9000  
9005  
9010  
9015  
9020  
9025  
9030  
9035  
9040  
9045  
9050  
9055  
9060  
9065  
9070  
9075  
9080  
9085  
9090  
9095  
9100  
9105  
9110  
9115  
9120  
9125  
9130  
9135  
9140  
9145  
9150  
9155  
9160  
9165  
9170  
9175  
9180  
9185  
9190  
9195  
9200  
9205  
9210  
9215  
9220  
9225  
9230  
9235  
9240  
9245  
9250  
9255  
9260  
9265  
9270  
9275  
9280  
9285  
9290  
9295  
9300  
9305  
9310  
9315  
9320  
9325  
9330  
9335  
9340  
9345  
9350  
9355  
9360  
9365  
9370  
9375  
9380  
9385  
9390  
9395  
9400  
9405  
9410  
9415  
9420  
9425  
9430  
9435  
9440  
9445  
9450  
9455  
9460  
9465  
9470  
9475  
9480  
9485  
9490  
9495  
9500  
9505  
9510  
9515  
9520  
9525  
9530  
9535  
9540  
9545  
9550  
9555  
9560  
9565  
9570  
9575  
9580  
9585  
9590  
9595  
9600  
9605  
9610  
9615  
9620  
9625  
9630  
9635  
9640  
9645  
9650  
9655  
9660  
9665  
9670  
9675  
9680  
9685  
9690  
9695  
9700  
9705  
9710  
9715  
9720  
9725  
9730  
9735  
9740  
9745  
9750  
9755  
9760  
9765  
9770  
9775  
9780  
9785  
9790  
9795  
9800  
9805  
9810  
9815  
9820  
9825  
9830  
9835  
9840  
9845  
9850  
9855  
9860  
9865  
9870  
9875  
9880  
9885  
9890  
9895  
9900  
9905  
9910  
9915  
9920  
9925  
9930  
9935  
9940  
9945  
9950  
9955  
9960  
9965  
9970  
9975  
9980  
9985  
9990  
9995  
10000  
10005  
10010  
10015  
10020  
10025  
10030  
10035  
10040  
10045  
10050  
10055  
10060  
10065  
10070  
10075  
10080  
10085  
10090  
10095  
10100  
10105  
10110  
10115  
10120  
10125  
10130  
10135  
10140  
10145  
10150  
10155  
10160  
10165  
10170  
10175  
10180  
10185  
10190  
10195  
10200  
10205  
10210  
10215  
10220  
10225  
10230  
10235  
10240  
10245  
10250  
10255  
10260  
10265  
10270  
10275  
10280  
10285  
10290  
10295  
10300  
10305  
10310  
10315  
10320  
10325  
10330  
10335  
10340  
10345  
10350  
103

なお、図16Bの場合においては、例えば、入力信号Xの語長の所定の有効語長以下が丸められていて、下位部分が固定データとなる場合において、有効語長範囲内の中間部分のビットを所定のビット幅で切り出している。

15 第3の実施例.

図10は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第3の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-3の構成を示すブロック図である。図10において、レベル相関型白色雑音発生回路300-3は、入力端子301と出力端子302を有し、上ビット切り出し回路311と、中間位ビット切り出し回路331と、下位ビット切り出し回路321と、乗算器340とを備えて構成される。ここで、上ビット切り出し回路311は入力端子301を介して入力される入力信号のうち、図17Aに示すように、例えば上位10ビット(b0-b9)を切り出して、当該10ビットの信号をレベル検出信号として乗算器340に出力する。また、中間位ビット切り出し回路331は入力端子301を介して入力される入力信号のうち、例えば、図17Aに示すように中間位6ビット(b10-b15)を切り出して、当該6ビットの信号を、入力信号に相関するが、ランダムに変化する白色雑音信号として発生して乗算器340に出力する。さらに、下位ビット切り出し回路321は入力端子301を介して入力される入力信号のうち、例えば、図17Aに示すように最下位8ビット(b16-b2)

3) を切り出して、当該 8 ビットの信号を、入力信号に相関するが、ランダムに変化する白色雑音信号として発生して乗算器 340 に出力する。そして、乗算器 340 は入力される 2 つの白色雑音信号とレベル信号とを乗算することにより、白色雑音信号のレベルがレベル信号に応じて変化する白色雑音信号を発生して出力端子 302 を介して出力する。

5 第 4 の実施例.

図 11 は、図 1 乃至図 4 のレベル相関型白色雑音発生回路 300 の第 4 の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路 300-4 の構成を示すブロック図である。図 11 において、レベル相関型白色雑音発生回路 300-4 は、入力端子 301 と出力端子 302 を有し、上ビット切り出し回路 311 と、3 個の下位ビット切り出し回路 321, 322, 323 と、乗算器 340 とを備えて構成される。ここで、上ビット切り出し回路 311 は入力端子 301 を介して入力される入力信号のうち、図 17 B に示すように、例えば上位 10 ビット (b0-b9) を切り出して、当該 10 ビットの信号をレベル検出信号として乗算器 340 に出力する。また、下位ビット切り出し回路 321 は入力端子 301 を介して入力される入力信号のうち、例えば、図 17 B に示すように下位 6 ビット (b16-b21) を切り出して、当該 6 ビットの信号を、入力信号に相関するが、ランダムに変化する白色雑音信号として発生して乗算器 340 に出力する。さらに、下位ビット切り出し回路 322 は入力端子 301 を介して入力される入力信号のうち、例えば、図 17 B に示すように下位 6 ビット (b17-b22) を切り出して、当該 6 ビットの信号を、入力信号に相関するが、ランダムに変化する白色雑音信号として発生して乗算器 340 に出力する。またさらに、下位ビット切り出し回路 323 は入力端子 301 を介して入力される入力信号のうち、例えば、図 17 B に示すように最下位 6 ビット (b18-b23) を切り出して、当該 6 ビットの信号を、入力信号に相関するが、ランダムに変化する白色雑音信号として発生して乗算器 340 に出力する。そして、乗算器 340 は入力される 2 つの白色雑音信号とレベル信号とを乗算することにより、白色雑音信号のレベルがレベル信号に応じて変化する白色雑音信号を発生して出力端子 302 を介して出力する。

20 第 5 の実施例.

図12は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第5の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-5の構成を示すブロック図である。図12において、レベル相関型白色雑音発生回路300-5は、入力端子301と出力端子302を有し、上ビット切り出し回路311と、下位ビット切り出し回路321と、独立型白色雑音発生回路380と、加算器330と、乗算器340とを備えて構成される。従って、レベル相関型白色雑音発生回路300-5は、図9のレベル相関型白色雑音発生回路300-2に比較して、独立型白色雑音発生回路380と、加算器330とをさらに備えたことを特徴としている。以下、当該相違点について説明する。

図13は、図11の独立型白色雑音発生回路380の構成を示すブロック図である。図13において、独立型白色雑音発生回路380は、複数N個のPN系列雑音信号発生回路30-n (n=1, 2, …, N)と、加算器31と、DCオフセット除去用定数信号発生器32と、減算器33とを備えて構成され、入力信号Xとは独立した雑音信号を発生することを特徴としている。ここで、PN系列は、擬似雑音系列の略であり、各PN系列雑音信号発生回路30-nは、互いに独立な初期値を有して、例えば、M系列雑音信号である一様ランダムな振幅レベルを有する擬似雑音信号を発生して加算器31に出力する。次いで、加算器31は複数のPN系列雑音信号発生回路30-1乃至60-Nから出力される複数N個の擬似雑音信号を加算して、加算結果の擬似雑音信号を減算器33に出力する。一方、DCオフセット除去用定数信号発生器32は、複数N個のPN系列雑音信号発生回路30-1乃至30-Nからの擬似雑音信号の時間平均値の和であるDCオフセット除去用定数信号を発生して減算器33に出力する。そして、減算器33は、擬似雑音信号の和からDCオフセット除去用定数信号を減算することにより、DCオフセットの無いディザ信号を発生して出力する。

ここで、各PN系列雑音信号発生回路30-n (n=1, 2, …, N)は、図14に示すように、32ビットカウンタ41と、排他的論理和ゲート42と、クロック信号発生器43と、初期値データ発生器44とを備えて構成される。32ビットカウンタ41には、初期値データ発生器32から各PN系列雑音信号発生回路30-n毎に互いに異なる32ビットの初期値が設定された後、クロック信

号発生器 4 3 により発生されるクロック信号に基づいて、32ビットカウンタ 4 1 は1ずつインクリメントするように計数する。32ビットカウンタ 4 1 の32ビットのデータ（0～31ビット目のデータを含む。）のうち、最上位ビット（MSB；31ビット目）の1ビットデータと、その3ビット目の1ビットデータとは、排他的論理和ゲート 4 2 の入力端子に入力され、排他的論理和ゲート 4 2 は排他的論理和の演算結果の1ビットデータを32ビットカウンタ 7 1 の最下位ビット（LSB）にセットする。そして、32ビットカウンタ 4 1 の下位8ビットのデータはPN系列雑音信号として出力される。このようにPN系列雑音信号発生回路 30-n を構成することにより、各PN系列雑音信号発生回路 30-n から出力されるPN系列雑音信号は互いに独立した8ビットのPN系列雑音信号となる。

図14の例では、各PN系列雑音信号発生回路 30-n で互いに独立した8ビットのPN系列雑音信号を発生するために、上述のように構成しているが、本発明はこれに限らず、以下のように構成してもよい。

（1）32ビットカウンタ 7 1 から取り出すPN系列雑音信号の8ビットのビット位置を互いに異ならせる。すなわち、PN系列雑音信号発生回路 30-1 では最下位8ビットから8ビットのPN系列雑音信号を取り出し、PN系列雑音信号発生回路 30-2 では最下位8ビットより直上の8ビットからPN系列雑音信号を取り出し、以下同様にしてPN系列雑音信号を取り出す。

（2）とて代わって、排他的論理和ゲート 7 2 に入力する1ビットデータを取り出す32ビットカウンタ 4 1 のビット位置を各PN系列雑音信号発生回路 30-n で互いに異ならせる。

（3）もしくは、図14の例と、上記（1）の変形例と、上記（2）の変形例とのうち少なくとも2つを組み合わせる。

そして、互いに独立な複数個のPN系列雑音を加算することにより、PN系列雑音信号発生回路 30 の個数Nに応じて、図18A、図18B及び図18Cに示すように、振幅レベルに対して所定の確率密度を有するPN系列雑音信号を発生することができる。例えば、N=1であるときは、概ね、図18Aに示すように、振幅レベルに対して一様分布の確率密度を有する白色雑音信号を発生することが

できる。また、もし $N=1$ であるとき、中心極限定理を用いれば、ガウス分布は分散が $1/12$ であるため $1/2$ 個の一様乱数を発生するP N系列雑音信号発生回路 $30-n$ からの各P N系列雑音信号を加算することにより、図18Aに示すように、概ね、振幅レベルに対してガウス分布の確率密度を有するガウス分布型雑音信号を発生することができる。また、 $N=2$ であるとき、図18Bに示すように、三角形状の確率密度関数を有するダイヤモンド型雑音信号を発生することができる。さらに、 $N=3$ であるとき、図18Cに示すように、ガウス分布に近く、ガウス分布から若干大きい分散を有し、振幅レベルに対してベル型分布又は釣り鐘型分布の確率密度を有するベル分布型（釣り鐘型）雑音信号を発生することができる。以上説明したように、図5及び図6の回路を構成し、例えば、図8又は図9の雑音信号を発生することにより、小規模の回路で、自然音や楽音信号に近い雑音信号であるディザ信号を発生することができる。

図12に戻り参照すれば、下位ビット切り出し回路 $321$ からのランダムな雑音信号は加算器 $330$ に出力される。一方、独立型白色雑音発生回路 $380$ は、上述のごとく、図13において $N=1$ であるときの構成を有して、白色雑音信号を発生して加算器 $330$ に出力する。加算器 $330$ は、上記入力される2個の雑音信号を加算して、加算結果の雑音信号を乗算器 $340$ に出力する。図12のレベル相関型白色雑音発生回路 $300-5$ においては、入力信号にレベル相関しているが、独立型白色雑音発生回路 $380$ からの白色雑音信号も用いているので、レベル相関の度合いを軽減した白色雑音信号を発生することができる。

#### 第6の実施例。

図15は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路 $300$ の第6の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路 $300-6$ の構成を示すブロック図である。図15のレベル相関型白色雑音発生回路 $300-6$ は、レベル相関型白色雑音発生回路 $30-5$ に比較して、独立型白色雑音発生回路 $380$ に代えて、ダイヤモンド型ディザ型雑音発生回路 $381$ を備えたことを特徴としている。ここで、ダイヤモンド型ディザ型雑音発生回路 $381$ は、図13の白色雑音発生回路 $380$ において、 $N=2$ のときの構成を有して構成され、図18Bに示す振幅レベルの確率密度を有するダイヤモンド型雑音信号を発生して出力する。図15のレベル

相関型白色雑音発生回路 300-6においては、図12の白色雑音発生回路300-5と同様に、力信号にレベル相関しているが、独立型白色雑音発生回路380からの白色雑音信号も用いているので、レベル相関の度合いを軽減した白色雑音信号を発生することができる。

5 第7の実施例。

図19は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300-7の第7の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-7の構成を示すブロック図である。図19のレベル相関型白色雑音発生回路300-7は、入力信号に対してそのレベルに対して非一様に量子化する非一様量子化器351と、非一様量子化器351とは逆の量子化処理を実行する逆量子化器361と、減算器371とを備えて構成される。ここで、非一様量子化器351は、例えば、ランレングス1/N圧縮フローティング符号化を用いて量子化している。

図19において、入力端子301を介して入力される入力信号（ここで、例えば、サンプリング周波数  $f_s = 44.1 \text{ Hz}$ 、語長 = 16ビットであるオーディオ信号である。）は減算器371と、非一様量子化器351とに入力される。非一様量子化器351は入力される16ビットの信号をその1/Nに圧縮した後、逆量子化器361に出力する。圧縮の方法については詳細後述する。逆量子化器361は非一様量子化器351の圧縮特性とは逆特性となるようにして逆量子化し16ビットの信号に伸長する。非一様量子化器351と逆量子化器361により再量子化した再量子化信号は減算器371に出力される。減算器371は再量子化した入力信号と、元の入力信号との差信号、すなわち量子化雑音信号を出力端子302を介して出力する。

25 図19の構成により、逆量子化器361からの出力信号と、入力信号との差を演算することにより、その差は量子化雑音となり、その値は後述するように、入力信号のレベルに応じて変化し、すなわちレベル相関した雑音信号を得ることができる。

図19のレベル相関型白色雑音発生回路300-7における量子化雑音信号の諸特性について詳しく説明する。量子化雑音の原因是量子化刻みの粗さによって生じる誤差信号である。図21は図19の非一様量子化器351と逆量子化器3

6 1 を組み合わせた場合の瞬時 S/N 比対入力信号レベルの特性を示す図である。図中の縦軸は瞬時 S/N 比であり、瞬時 S/N 比は 0 Hz からナイキスト周波数 (ナイキスト周波数とは、信号にエイジアリングが発生しない限界のサンプリング周波数であり、本好ましい実施形態では、マージンをゼロとした理想状態で、ナイキスト周波数 = サンプリング周波数としている。) である 4.4. 1 kHz までの信号帯域での信号対雑音歪み率である。図 2 1 からわかるように、従来技術の直線符号 (8 ビット、16 ビット、24 ビット) に比較して、入力レベルのほぼ全域に渡り瞬時 S/N 比を大幅に改善することができる。具体的な非一様量子化器 3 5 1 の圧縮方法としては、上述のように、ランレンジス 1/N 圧縮フローティング符号化方法を使用した。

次いで、ランレンジス 1/N 圧縮フローティング符号化方法を図 2 3 A を参照して説明する。当該符号化方法では、符号化前の元データとなる直線符号の上位で、極性ビット P と、所定論理のビットが連続する連続データ Q 0 と、上記連続データ Q 0 の連続性をブレークする反転ビット T 0 と、上記反転ビット T 0 以後の下位データ D 0 とで構成される L ビットの直線符号を符号化器である非一様量子化器 3 5 1 に入力したときに、非一様量子化器 3 5 1 は、上記 L ビットの上記直線符号を、上記連続データ Q 0 のランレンジスを圧縮して得られる符号ビット P 及び圧縮された連続データ Q 1 と、上記圧縮された連続データ Q 1 の連続性をブレークする反転ビット T 1 と、上記ランレンジスを圧縮する時に生じる剰余を表す圧縮剰余データ F 1 と、上記下位データ D 0 を丸めて得る仮数データ D 1 とで構成する M ビットの圧縮データに変換して出力する。ただし、上記連続データ Q 0 のランレンジスを L 0 、上記圧縮された連続データ Q 1 のランレンジスを L 1 、n を 2 以上の整数とするとき、上記ランレンジス L 1 及び圧縮剰余データ F 1 は次式で表される。

$$L 1 = \text{Int} (L 0 / N) \quad \cdots (1)$$

$$F 1 = L 0 \bmod N \quad \cdots (2)$$

ここで、Int は引数の整数値を表す関数であり、A mod B は A を B で除算したときの剰余を表す関数である。

次いで、逆量子化器 3 6 1 の逆量子化処理においては、ランレンジス 1/N 圧

縮フローティング符号の逆変換処理を用いて上記逆量子化処理を実行している。

以下、当該逆量子化処理について図23Bを参照して説明する。

逆量子化器361は、上位で所定論理のビットが連続する極性ビットP及び圧縮された連続データQ1、上記圧縮された連続データQ1の連続性をブレークする反転ビットT1、ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データF1及び仮数データD1によって構成する圧縮データを、上記Q1のランレンジスをN倍に伸長し、上記F1の値に応じた長さの連続データを付加し、Q0の連続性をブレークする反転ビットT0を付加し、引き続き上記仮数データD1を付加して、連続データQ0、反転ビットT0及び仮数データD0を読み出して伸長データを出力する。ただし、上記連続データQ0のランレンジスをL0、上記圧縮された連続データQ1のランレンジスをL1、圧縮剩余データF1から求め10  
る剩余をF1、Nを2以上の整数とするとき、次式で表される。

$$L0 = L1 * n + F1 \quad \dots \quad (3)$$

$$D0 = D1 \quad \dots \quad (4)$$

15 ここで、\*は乗算を表す算術記号である。

以上のランレンジス1/N圧縮フローティング符号化の圧縮方法及び圧縮装置については、日本国特許出願公開平成4年286421号公報、日本国特許出願公開平成5年183445号公報及び日本国特許出願公開平成5年284039号公報にそれぞれ具体的に記述されている。ここで、24ビットの直線符号を、20  
8ビットのランレンジス1/4圧縮符号に圧縮したときの計算結果及びその分解能を表1に示す。

25 表1において、24ビットの直線符号は折り返し2進符号であり、フローティング符号は折り返し型のランレンジス1/4圧縮フローティング符号である。表1におけるランレンジスL0、ランレンジスL1及び分解能の欄は10進数の表記である。圧縮符号（非一様量子化信号）を復号（逆量子化）して伸長した復元符号（逆量子化信号）の表現精度、すなわち分解能は直線符号の丸めで決定され、ランレンジスL0によって変化する。表1より明らかのように、最高24ビット乃至15ビットの精度が得られる。また、DSPによる数式変換やテーブル変換に適するようにまとめた結果を表2及び表3に示す。

表 2 は非一様量子化の変換表であって、X は非一様量子化の入力符号であり、W は非一様量子化の出力符号である。出力符号 W の符号長が 24 を超える場合は 24 に丸める。入力符号 X の符号長が不足する場合は下位に “0” を挿入する。表 2 において、有効ビット及び量子化雑音も記載した。表 2 から明らかなように、有効ビットは 6 ビットから 24 ビットまでの間であり、量子化雑音は、図 22 に示すように、-36 dB から -144 dB までの間の値を有する。表 3 は 24 ビットの各直線符号に対する量子化雑音（24 ビット）を示す。

表 1

直線符号		ランレンジス 1 / 4圧縮 フローティング 符号		分解能
24ビット		8ビット		ビット
L0	00000000001111111112222 012345678901234567890123 (MSB LSB)	L1	01234567 (MSB LSB)	
0	P <u>1</u> ABCD#####	0	P <u>111</u> ABCD	6
1	P <u>01</u> ABCD#####	0	P <u>110</u> ABCD	7
2	P <u>001</u> ABCD#####	0	P <u>101</u> ABCD	8
3	P <u>0001</u> ABCD#####	0	P <u>100</u> ABCD	9
4	P <u>00001</u> ABC#####	1	P <u>0111</u> ABC	9
5	P <u>000001</u> ABC#####	1	P <u>0110</u> ABC	10
6	P <u>0000001</u> ABC#####	1	P <u>0101</u> ABC	11
7	P <u>00000001</u> ABC#####	1	P <u>0100</u> ABC	12
8	P <u>000000001</u> AB#####	2	P <u>00111</u> AB	12
9	P <u>0000000001</u> AB#####	2	P <u>00110</u> AB	13
10	P <u>00000000001</u> AB#####	2	P <u>00101</u> AB	14
11	P <u>000000000001</u> AB#####	2	P <u>00100</u> AB	15
12	P <u>0000000000001</u> A#####	3	P <u>000111</u> A	15
13	P <u>00000000000001</u> A#####	3	P <u>000110</u> A	16
14	P <u>000000000000001</u> A#####	3	P <u>000101</u> A	17
15	P <u>0000000000000001</u> A#####	3	P <u>000100</u> A	18
16	P <u>00000000000000001</u> #####	4	P <u>0000111</u>	18
17	P <u>000000000000000001</u> #####	4	P <u>0000110</u>	19
18	P <u>0000000000000000001</u> ###	4	P <u>0000101</u>	20
19	P <u>00000000000000000001</u> ##	4	P <u>0000100</u>	21
20	P <u>000000000000000000001</u> ##	5	P <u>0000011</u>	22
21	P <u>0000000000000000000001</u> #	5	P <u>0000010</u>	23
22	P <u>000000000000000000000001</u> A	5	P <u>000000A</u>	24

表 2

$ X  =$	$ W  =$	有効 ビット	量子化 雑音
$2^{-1} \leq  X $	$2^{-1} + 2^{-2} + 2^{-2} *  X $	6	-36[dB]
$2^{-2} \leq  X  < 2^{-1}$	$2^{-1} + 2^{-3} + 2^{-1} *  X $	7	-40[dB]
$2^{-3} \leq  X  < 2^{-2}$	$2^{-1} + 2^{-0} *  X $	8	-48[dB]
$2^{-4} \leq  X  < 2^{-3}$	$2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-1} *  X $	9	-54[dB]
$2^{-5} \leq  X  < 2^{-4}$	$2^{-2} + 2^{-3} + 2^{-1} *  X $	9	-54[dB]
$2^{-6} \leq  X  < 2^{-5}$	$2^{-2} + 2^{-4} + 2^{-2} *  X $	10	-60[dB]
$2^{-7} \leq  X  < 2^{-6}$	$2^{-2} + 2^{-3} *  X $	11	-66[dB]
$2^{-8} \leq  X  < 2^{-7}$	$2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-3} *  X $	12	-72[dB]
$2^{-9} \leq  X  < 2^{-8}$	$2^{-3} + 2^{-4} + 2^{-4} *  X $	12	-72[dB]
$2^{-10} \leq  X  < 2^{-9}$	$2^{-3} + 2^{-5} + 2^{-5} *  X $	13	-78[dB]
$2^{-11} \leq  X  < 2^{-10}$	$2^{-3} + 2^{-6} *  X $	14	-84[dB]
$2^{-12} \leq  X  < 2^{-11}$	$2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-7} *  X $	15	-90[dB]
$2^{-13} \leq  X  < 2^{-12}$	$2^{-4} + 2^{-5} + 2^{-7} *  X $	15	-90[dB]
$2^{-14} \leq  X  < 2^{-13}$	$2^{-4} + 2^{-6} + 2^{-8} *  X $	16	-96[dB]
$2^{-15} \leq  X  < 2^{-14}$	$2^{-4} + 2^{-9} *  X $	17	-102[dB]
$2^{-16} \leq  X  < 2^{-15}$	$2^{-5} + 2^{-6} + 2^{-10} *  X $	18	-108[dB]
$2^{-17} \leq  X  < 2^{-16}$	$2^{-5} + 2^{-6} + 2^{-10} *  X $	18	-108[dB]
$2^{-18} \leq  X  < 2^{-17}$	$2^{-5} + 2^{-7} + 2^{-11} *  X $	19	-114[dB]
$2^{-19} \leq  X  < 2^{-18}$	$2^{-5} + 2^{-12} *  X $	20	-120[dB]
$2^{-20} \leq  X  < 2^{-19}$	$2^{-6} + 2^{-7} + 2^{-13} *  X $	21	-126[dB]
$2^{-21} \leq  X  < 2^{-20}$	$2^{-6} + 2^{-7} + 2^{-14} *  X $	22	-132[dB]
$2^{-22} \leq  X  < 2^{-21}$	$2^{-6} + 2^{-15} *  X $	23	-138[dB]
$ X  < 2^{-22}$	$2^{16} *  X $	24	-144[dB]



上述の表1、表2及び表3から明らかなように、本好ましい実施形態で用いるランレンジス1/N圧縮フローティング符号は、入力信号のレベルが大きくなるにつれて、量子化幅を大きくなるように入力信号を量子化することにより符号化することを特徴としている。

5 以上的好ましい実施形態においては、ランレンジス1/N圧縮フローティング符号化を用い、直線符号は折り返し2進符号としたが、2'Sコンプリメンタリ符号やオフセットバイナリ符号など他の直線符号であっても、相互に変換するかまたは所定の論理値を変更するだけで、全く同様に適用できる。また、Nは「4」の場合だけについて説明したが、Nは「2以上」の整数であれば何でもよい。この場合、Nの値に応じて圧縮剩余の場合の数が変わるので、圧縮剩余データの語長を変えればよいことは言うまでもない。また、装置はハードウエア回路で構成する以外に、テープル変換やデータ変換を行うDSPのハードウエア回路及びそれに実装されるソフトウェアのプログラムで構成してもよい。

10

15 以上説明したように、元データのランレンジスが小さい時は指数部、すなわちレンジを少ないビット数で表し、ランレンジスが大きくなるとビット数を割り当てて指数部すなわちレンジを多くのビット数で表す。符号全体の語長を固定長とするので、仮数部のビット数はランレンジスに応じて変化する。これらの作用により、出力部から出力する圧縮符号の有するレンジの表現空間が拡張され、同時に表現精度を改善できる。

20 第8の実施例。

図20は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第8の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-8の構成を示すブロック図である。図20のレベル相関型白色雑音発生回路300-8は、それぞれ図19のレベル相関型白色雑音発生回路300-7にてなる3個の白色雑音発生回路385-1, 385-2, 385-3を並列に接続し、各白色雑音発生回路385-1, 385-2, 385-3からの出力信号を加算器374により加算して雑音信号を得る。ここで、レベル相関型白色雑音発生回路385-1は非一様量子化器351と逆量子化器361と減算器371とを備えて構成され、レベル相関型白色雑音発生回路385-2は非一様量子化器352と逆量子化器362と減算器3

72とを備えて構成され、レベル相関型白色雑音発生回路385-3は非一量子化器353と逆量子化器363と減算器373とを備えて構成される。これら3個のレベル相関型白色雑音発生回路385-1, 385-2, 385-3は互いに同様の構成を有し、互いに同様の3個の雑音信号を発生し、それら3個の雑音信号を加算器374で加算することにより、例えば図18Cに示すようなベル型雑音信号の確率密度を有する雑音信号を発生することができる。

#### 5 第9の実施例。

図24は、図1乃至図4のレベル相関型白色雑音発生回路300の第9の実施例に係るレベル相関型白色雑音発生回路300-9の構成を示すブロック図である。レベル相関型白色雑音発生回路300-9は、テーブルメモリ390aを内蔵したテーブル変換回路390を備えて構成される。テーブルメモリ390aには、図19又は図20の入力信号と出力信号との間の関係を示すデータ、すなわち、すべての入力信号に対する出力信号の値を表すデータテーブルを含んでいる。レベル相関型白色雑音発生回路300-9は、入力端子301に入力される入力信号に応答して、その値に対する出力信号の値をテーブルメモリ390aを参照して検索し、検索結果の出力信号の値を有する雑音信号の出力信号を発生して出力端子302を介して出力する。以上のように、図24のレベル相関型白色雑音発生回路300-9によれば、他のレベル相関型白色雑音発生回路300-1乃至300-8に比較してきわめて簡単な構成を有する回路で、レベル相関型白色雑音発生回路を構成できる。

20 図25は、図1乃至図4の信号処理回路400の構成を示すブロック図である。信号処理回路400は、図25に示すように、帯域通過フィルタ410と、エコ一付加回路420と、可変増幅器430とを備えて構成される。ここで、帯域通過フィルタ410は、図25に示すように、高域通過フィルタ411と、低域通過フィルタである $1/f$ 特性フィルタ412とを継続接続して構成され、例えば、入力されるデジタルオーディオ信号がCDプレーヤなどからの圧縮されていないデジタル信号であるとき、帯域通過フィルタ410は好ましくは以下の仕様を有する。

25 (1) 低域側のカットオフ周波数  $f_{LC} =$  概略  $f_s/2$ 。

(2) 低域側の遮断特性は周波数  $f_s/4$  で 80 dB 以上の減衰量。その減衰量は、原音の量子化数に基づく SN 比近辺となる。例えば原音の量子化数が 16 ビットであれば、理論 SN は 98 dB となるので、好ましくは、80 ~ 100 dB 以上の減衰量を有する。ここで、低域側の遮断特性が緩やかなほど、ソフトな音質となる一方、低域側の遮断特性が急峻なほど、シャープな音質傾向となる。後者の場合、原音の音質傾向を損なうことなく、帯域拡張の効果が出る。従って、低域通過フィルタ 412 を、上記低域側の遮断特性を、外部のコントローラからユーザの指示信号に従って例えば上記の 2 つの特性の間で選択的に変化できるよう切り替え可能にすることが好ましい。

(3) 高域側のカットオフ周波数  $f_{HC} = \text{概略 } f_s/2$ 。

(4) 高域側の遮断特性は  $-6 \text{ dB/ octave}$  (例えば、図 26 参照)。

ここで、 $1/f$  特性フィルタ 412 は、例えば、図 26 に示すように、周波数 0 から  $f_s/2$  までの帯域 B1 よりも高い、周波数  $f_s/2$  から  $p \cdot f_s/2$  までの帯域 B2 において  $-6 \text{ dB/octave}$  の傾斜を有する減衰特性を備えた、いわゆる  $1/f$  特性の低域通過フィルタである。ここで、p はオーバーサンプリング率で、例えば 2 以上概ね 8 までの整数である。

帯域通過フィルタ 410 は、入力されるデジタル信号を上述のように帯域通過ろ波して、帯域通過ろ波後のデジタル帯域拡張信号をエコー付加回路 420 及び可変増幅器 6 を介して出力する。

エコー付加回路 420 は、例えば図 28 に示すようにトランスバーサルフィルタにより構成され、入力される入力信号に対して、外部回路からのエコー付加の度合いを表す制御信号に基づいて、自信号と相関するエコー信号を付加して出力する。ここで、エコー付加回路 420 に入力された入力信号は、互いに縦続接続され、それぞれ例えば 1 サンプルの時間だけ遅延させる N 個の遅延回路 D1 乃至 DK に入力されるとともに、可変乗算器 APO を介して加算器 SU1 に入力される。ここで、可変乗算器 APO は、入力信号に、コントローラ 421 からの乗算値指示制御信号 CS0 により示される乗算値を乗算して、乗算結果の値を示す信号を発生して加算器 SU1 に出力する。また、遅延回路 D1 からの出力信号は、入力信号に対してコントローラ 421 からの乗算値指示制御信号 CS1 により示

される乗算値を乗算する可変乗算器 A P 1 を介して加算器 S U 1 に出力する。さらに、遅延回路 D 2 からの出力信号は、入力信号に対してコントローラ 4 2 1 からの乗算値指示制御信号 C S 2 により示される乗算値を乗算する可変乗算器 A P 2 を介して加算器 S U 1 に出力する。以下同様に、遅延回路 D k (k = 3, 4, 5, …, K) からの出力信号は、入力信号に対してコントローラ 4 2 1 からの乗算値指示制御信号 C S k により示される乗算値を乗算する可変乗算器 A P k を介して加算器 S U 1 に出力する。加算器 S U 1 は入力される (K + 1) 個の信号を加算し、加算結果の信号をコントローラ 4 2 1 に出力するとともに、出力信号として外部回路に出力する。ここで、コントローラ 4 2 1 は、加算器 S U 1 からの信号に基づいて、エコー付加回路 4 2 0 の入力信号に所定のエコー信号を付加するよう制御することにより、乗算値指示制御信号 C S k (k = 1, 2, …, K) を発生してそれぞれ可変乗算器 A P 0 乃至 A P K に出力する。

図 25 の信号処理回路 4 0 0において、エコー付加回路 4 2 0を備えているが、本発明はこれに限らず、エコー付加回路 4 2 0を備えなくてもよい。

図 25 のエコー付加回路 4 2 0を設けることにより、入力信号の強弱変化が激しい時に、帯域拡張信号にだけエコー信号が付加されるので強弱変化の落ち込みを平滑化して高域のノイズ成分を保持するサステイン効果が生まれる。これにより聴感上より自然になる。また、エコー付加回路 4 2 0を付加しないとき、入力信号の強弱変化に常に連動して帯域拡張信号が付加されるので信号的には最も忠実な時間スペクトル特性になる。

図 25 に図示された可変増幅器 4 3 0 はレベル制御回路であって、入力される信号のレベル（振幅値）を、制御信号に基づいた増幅度（当該増幅度は正の増幅処理もあるが、負の減衰処理も可能である。）で変化させ、レベル変化後の信号を出力信号として出力する。可変増幅器 4 3 0 では、加算器 8 0 0 に入力される 2 個の信号のレベルを相対的に調整するために用いられる。この調整は、好みくは、加算器 8 0 0において、例えば周波数  $f_s / 2$ においてこれら 2 つの信号のレベルが実質的に一致するように、すなわちスペクトルの連続性を保持するように設定される。

図 29 A 乃至 図 29 E は、図 3 の第 3 の好ましい実施形態に係るオーディオ信

号帯域拡張装置 100-3 の動作 ( $p = 2$  のとき、すなわち 2 倍のオーバーサンプリングのとき) を示す周波数スペクトル図であり、図 29A は入力信号 X の周波数スペクトル図であり、図 29B は LPF 120 からの出力信号の周波数スペクトル図であり、図 29C は回路 300 からの出力信号の周波数スペクトル図であり、図 29D は回路 400 からの周波数スペクトル図であり、図 29E は出力信号 W の周波数スペクトル図である。

図 3 及び図 29A 乃至図 29E を参照して、オーディオ信号帯域拡張装置 100-3 の動作を説明すると、図 29A 及び図 29B に示すように、所定の最高周波数  $f_{max}$  を有する入力信号はオーバーサンプリング型低域通過フィルタ 120 によりオーバーサンプリングされかつ低域通過ろ波された後、帯域通過フィルタ 200 の帯域通過ろ波特性 200S を用いて帯域通過ろ波され、その結果の周波数スペクトルが図 29B に図示されている。ここで、入力信号の最高周波数  $f_{max}$  は、 $f_s / 2$  以下であって、周波数のマージンをとれば、 $f_s / 2$  未満である。レベル相関型白色雑音発生回路 300 は、帯域通過フィルタ 200 からの入力信号に基づいて、そのレベルに従って変化するレベル相関した、図 29C の白色雑音信号を発生する。次いで、信号処理回路 400 は、上記発生された白色雑音信号に対して帯域通過ろ波処理、エコー付加処理、レベル調整処理を実行して、下限周波数が  $f_{max}$  である図 29D の帯域拡張付加信号を発生する。さらに、加算器 800 は、図 29E に示すように、オーバーサンプリング型低域通過フィルタ 120 からの信号と信号処理回路 400 からの信号とを、周波数  $f_{max}$  においてスペクトルの連続性を保持するように加算し、加算結果の信号を出力信号として出力する。

図 30A 乃至図 30D は、図 4 の第 4 の好ましい実施形態に係るオーディオ信号帯域拡張装置 100-4 の動作 ( $p = 2$  のとき、すなわち 2 倍のオーバーサンプリングのとき) を示す周波数スペクトル図であり、図 30A は入力信号 X の周波数スペクトル図であり、図 30B は回路 300 からの出力信号の周波数スペクトル図であり、図 30C は回路 400 からの周波数スペクトル図であり、図 30D は出力信号 W の周波数スペクトル図である。オーディオ信号帯域拡張装置 100-4 も、図 30A 乃至図 30D に示すように、以下の相違点を除き、図 29A

乃至図 2 9 E と同様に動作する。

次いで、図 3 のオーディオ信号帯域拡張装置 1 0 0 - 3 と、図 4 のオーディオ信号帯域拡張装置 1 0 0 - 4 との間の相違点について以下に説明する。図 3 のオーディオ信号帯域拡張装置 1 0 0 - 3 では、入力信号をオーバーサンプリングし 5 かつ低域通過ろ波した後、帯域通過ろ波処理、雑音生成処理、信号処理を実行するのに対して、図 4 のオーディオ信号帯域拡張装置 1 0 0 - 4 では、入力信号に 対して帯域通過ろ波し、雑音生成することが異なる。この違いによって、帯域通過フィルタ 2 0 0 及び雑音生成回路 3 0 0 を動作させるクロックレートを、図 3 のオーバーサンプリング後に比較して低減できるため、回路規模を削減でき、クロックレートを低減でき、DSP 処理のステップ数を削減できる効果を奏します。 10 なお、雑音生成後の信号はオーバーサンプリングして信号処理を行い、入力信号も別途オーバーサンプリングして加算するので、出力信号 W として結果的に図 3 と同じ信号が得られます。図 4 のオーディオ信号帯域拡張装置 1 0 0 - 4 では、 15 2 つのオーバーサンプリング回路 1 2 0 及び 1 2 1 が必要となるが、雑音生成後の信号を処理するオーバーサンプリング回路 1 2 0 及び 1 2 1 の方は、オーバーサンプリングのクロック信号でゼロ内挿するだけで良く、低域通過フィルタは不要であるため、回路規模などの増加はほとんど無く、差し引きでは回路規模が削減できる。

図 3 1 A 乃至図 3 1 E は、図 3 の第 3 の好ましい実施形態に係るオーディオ信号帯域拡張装置 1 0 0 - 3 の動作 (p = 4 のとき、すなわち 4 倍のオーバーサンプリングのとき) を示す周波数スペクトル図であり、図 3 1 A は入力信号 X の周波数スペクトル図であり、図 3 1 B は LPF 1 2 0 からの出力信号の周波数スペクトル図であり、図 3 1 C は回路 3 0 0 からの出力信号の周波数スペクトル図であり、図 3 1 D は回路 4 0 0 からの周波数スペクトル図であり、図 3 1 E は出力信号 W の周波数スペクトル図である。また、図 3 2 A 乃至図 3 2 D は、図 4 の第 20 4 の好ましい実施形態に係るオーディオ信号帯域拡張装置 1 0 0 - 4 の動作 (p = 4 のとき、すなわち 4 倍のオーバーサンプリングのとき) を示す周波数スペクトル図であり、図 3 2 A は入力信号 X の周波数スペクトル図であり、図 3 2 B は回路 3 0 0 からの出力信号の周波数スペクトル図であり、図 3 2 C は回路 4 0 0 25

からの周波数スペクトル図であり、図32Dは出力信号Wの周波数スペクトル図である。

5 図31A乃至図31Eの動作は、図29A乃至図29Eの動作に比較して、オーバーサンプリングの倍数を2倍にしたものであり、それを除いて動作は同様である。また、図32A乃至図32Dの動作は、図30A乃至図30Dの動作に比較して、オーバーサンプリングの倍数を2倍にしたものであり、それを除いて動作は同様である。

10 図33A及び図33Bは、図31A乃至図31E及び図32A乃至図32Dの変形例であって、図33Aは $1/f$ 特性フィルタ420に代わる折り返し歪除去用フィルタの特性を示す周波数スペクトル図であり、図33Bは出力信号Wの周波数スペクトル図である。発生した雑音信号の上限周波数特性を、一般には、図26又は図27に示す高域除去特性で高域成分を除去していたが、例えば、図33Aに示す折り返し歪除去用フィルタを用いることにより、ナイキスト周波数を越える所定の周波数まで残留されることにより、以下の効果を奏する。

15 (1) オーディオ帯域拡張範囲を、図33Bに示すように、ナイキスト周波数より高く伸ばすことができる。

(2) 折り返し歪除去用フィルタの段数を低減できるなど構成を簡単にできるので安価にできる。また、DSPなどを用いる場合のステップ数を低減できるので単位時間当たりのステップ数(MIPS)を低減できる。

20 以上説明したように、本発明に係る好ましい実施形態によれば、図1に示すように、入力信号が有する帯域以上で入力信号のレベルに従って変化しレベル相関する雑音信号を発生して入力信号と、スペクトルの連続性を保持するように加算することにより、従来技術に比較して容易にオーディオ帯域が拡張されたオーディオ信号を発生することができる。また、上述のように得られた帯域拡張された信号は原音のレベルに従って変化しつつスペクトルの連続性を保持しているので、帯域拡張された信号の高域成分は人工的なものではなく、原音に対して自然に聴こえるという特有の効果を有している。

また、図2に示すように、帯域通過ろ波処理、レベル相関型白色雑音発生処理、信号処理をデジタル信号処理で実行することにより、回路を構成する部品のば

らつきや温度特性により性能ばらつきが発生しない。また、オーディオ信号が回路を通過する毎に音質劣化が発生することもない。さらに、構成しているフィルタの精度追求を行ってもアナログ回路構成と比較して、回路規模が大きくなるとともに、製造コストの増加につながらない。

5 さらに、図3に示すように、帯域通過ろ波処理及び最後の加算処理の前に、オーバーサンプリング処理を実行しつつ低域通過ろ波処理を実行することにより、A/D変換器の前段で低次のアナログ低域通過フィルタを用いることができ、これにより、フィルタ処理に伴う位相ひずみや雑音を大幅に軽減できる。また、量子化雑音を低減でき、短い量子化ビットでの変換を容易することができる。さらに、入力信号Xのより高い高調波成分を事前に生成して利用できるので、より高い高調波成分を容易に発生できる。

10 またさらに、図4に示すように、レベル相関型白色雑音発生処理と信号処理との間にオーバーサンプリング処理を挿入して実行する一方、最後の加算処理の前に入力信号に対してオーバーサンプリング処理及び低域通過ろ波処理を実行することにより、オーバーサンプリング型低域通過フィルタ及びオーバーサンプリング回路よりも後段の回路において信号レートを高く設定することができる。言い換えれば、前段の回路の信号レートを低く設定することができ、回路構成を簡単化できる。

15 第5の好ましい実施形態。  
20 図3-4は、オーディオ信号帯域拡張装置のアプリケーションの一例である、本発明の第5の好ましい実施形態に係る光ディスク再生システム500の構成を示すブロック図である。

25 以上の第1乃至第4の好ましい実施形態においては、図1乃至図4のオーディオ信号帯域拡張装置100-1乃至100-4を、ハードウェアのデジタル信号処理回路で構成しているが、本発明はこれに限らず、例えば、図1乃至図4のオーディオ信号帯域拡張装置100-1乃至100-4の構成における各処理ステップを、オーディオ信号の帯域拡張を行うための信号処理プログラムで実現して、当該信号処理プログラムを図3-4のDSP501のプログラムメモリ501pに格納してDSP501により実行してもよい。なお、DSP501のデータ

テーブルメモリ 501d には、上記信号処理プログラムを実行するために必要な種々のデータを格納する。

図 34において、光ディスク再生装置 502 は、例えばDVDプレーヤ、CDプレーヤ、MDプレーヤなどの光ディスクのコンテンツを再生するための装置であり、光ディスク再生装置 502 により再生された左右のデジタルオーディオ信号は、DSP 501 により上記信号処理プログラムが実行されて、入力されたオーディオデジタル信号に対して帯域拡張されたオーディオデジタル信号を得て、D/A変換器 503 に出力される。次いで、D/A変換器 503 は、入力されたデジタルオーディオ信号をアナログオーディオ信号にA/D変換して電力増幅器 504a, 504b を介して左右のスピーカ 505a, 505b に出力する。ここで、システムコントローラ 500 は、当該光ディスク再生システムの全体の動作を制御し、特に、光ディスク再生装置 502 及びDSP 501 の動作を制御する。また、DSP 501 のプログラムメモリ 501p 及びデータテーブルメモリ 501d は例えばフラッシュメモリやEEPROMなどの不揮発性メモリで構成される。

以上のように構成された光ディスクシステムにおいては、光ディスク再生装置 502 により再生されたデジタルオーディオ信号はDSP 501 によりその信号が適正に帯域拡張された後、左右のスピーカ 505a, 505b により再生できる。

以上説明したように、当該第5の好ましい実施形態によれば、図1乃至図4のオーディオ信号帯域拡張装置100-1乃至100-4の構成における各処理ステップを、オーディオ信号の帯域拡張を行うための信号処理プログラムで実現して、当該信号処理プログラムを図34のDSP 501 により実行するように構成したので、信号処理プログラムの機能追加やバグ補正などのバージョンアップなどを容易にすることができます。

当該第5の好ましい実施形態において、上記信号処理プログラム及びその実行のためのデータはそれぞれプログラムメモリ 501p 及びデータテーブルメモリ 501d に製造時に予め格納してもよいし、これに代えて、以下に示すように、CD-ROM 511などの、コンピュータで読み取り可能な記録媒体に記録され

た信号処理プログラム及びその実行のためのデータをそれぞれ、コンピュータなどのコントローラを含む光ディスクドライブ510により再生して外部インターフェース506を介してDSP501内のプログラムメモリ501p及びデータテーブルメモリ501dに格納してもよい。

5 以上のおまじない実施形態においては、DSP501を用いているが、本発明はこれに限らず、マイクロ・プロセッサ・ユニット(MPU)などのデジタル計算機のコントローラにより構成してもよい。

#### 産業上の利用の可能性

10 以上詳述したように、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、入力信号が有する帯域以上で入力信号のレベルに従って変化しレベル相関する雑音信号を発生して入力信号と、スペクトルの連続性を保持するように加算することにより、従来技術に比較して容易にオーディオ帯域が拡張された信号を発生することができる。また、上述のように得られた帯域拡張された信号は原音のレベルに従って変化しつつスペクトルの連続性を保持しているので、帯域拡張15された信号の高域成分は人工的なものではなく、原音に対して自然に聴こえるという特有の効果を有している。

また、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、帯域通過ろ波処理、レベル相関型白色雑音発生処理、信号処理をデジタル信号処理で実行することにより、回路を構成する部品のばらつきや温度特性により性能ばらつきが発生しない。また、オーディオ信号が回路を通過する毎に音質劣化が発生することもない。さらに、構成しているフィルタの精度追求を行ってもアナログ回路構成と比較して、回路規模が大きくなることもなく、製造コストの増加につながらない。

さらに、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、帯域通過ろ波処理及び最後の加算処理の前に、オーバーサンプリング処理を実行しつつ低域通過ろ波処理を実行することにより、A/D変換器の前段で低次のアナログ低域通過フィルタを用いることができ、これにより、フィルタ処理に伴う位相ひずみや雑音を大幅に軽減できる。また、量子化雑音を低減でき、短い量子化ビットでの変換を容易することができる。さらに、入力信号Xのより高い高調波成分

を事前に生成して利用できるので、より高い高調波成分を容易に発生できる。

またさらに、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、レベル相関型白色雑音発生処理と信号処理との間にオーバーサンプリング処理を挿入して実行する一方、最後の加算処理の前に入力信号に対してオーバーサンプリング処理及び低域通過ろ波処理を実行することにより、オーバーサンプリング型低域通過フィルタ及びオーバーサンプリング回路よりも後段の回路において信号レートを高く設定することができる。言い換えれば、前段の回路の信号レートを低く設定することができ、回路構成を簡単化できる。

また、本発明に係る光ディスクシステムによれば、光ディスクに格納されたオーディオ信号を再生して、上記再生されたオーディオ信号の帯域を拡張し、拡張後のオーディオ信号を出力することができる。これにより、光ディスクに格納されたオーディオ信号に基づいて、従来技術に比較して容易にオーディオ帯域が拡張された信号を発生することができる。

さらに、本発明に係るプログラムによれば、上記オーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むプログラムを提供できる。

またさらに、本発明に係るコンピュータにより読み取り可能な記録媒体によれば、上記オーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むプログラムを格納した記録媒体を提供できる。

## 請求の範囲

1. 入力信号を帯域通過ろ波手段により帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するようにレベル相関した雑音信号を発生する雑音発生手段と、
  - 5 上記発生された雑音信号に対して、加算手段の加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しあつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理手段と、
    - 10 上記入力信号と、上記信号処理手段からの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算手段とを備えたことを特徴とするオーディオ信号帯域拡張装置。
    2. 上記帯域通過ろ波手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をA/D変換する第1の変換手段と、  
上記信号処理手段と上記加算手段の間に挿入して設けられ、上記信号処理手段からの出力信号をD/A変換する第2の変換手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項1記載のオーディオ信号帯域拡張装置。
      - 15 3. 上記帯域通過ろ波手段の前段及び上記加算手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をオーバーサンプリングしあつ低域通過ろ波して上記帯域通過ろ波手段及び上記加算手段に出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載のオーディオ信号帯域拡張装置。
      4. 上記加算手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をオーバーサンプリングしあつ低域通過ろ波して上記加算手段に出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波手段と、  
上記雑音発生手段と上記信号処理手段との間に挿入して設けられ、上記雑音発生手段からの雑音信号をオーバーサンプリングして上記信号処理手段に出力するオーバーサンプリング手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項1記載のオーディオ信号帯域拡張装置。
        - 25 5. 上記雑音発生手段は、  
上記雑音発生手段に入力される信号のレベルを検出し、検出したレベルを有す

るレベル信号を発生して出力するレベル信号発生手段と、

上記雑音発生手段に入力される信号に従って雑音信号を発生して出力する雑音信号発生手段と、

上記レベル信号発生手段からのレベル信号と、上記雑音信号発生手段からの雑音信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。  
5

6. 上記雑音信号発生手段は、デルタシグマ変調型量子化器を備え、上記雑音信号発生手段に入力される信号の量子化雑音信号を発生して、上記雑音信号として出力することを特徴とする請求項 5 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。  
10

7. 上記雑音発生手段は、

上記雑音発生手段に入力される信号から所定の上位ビットを切り出して上位ビットを含む信号を出力する第 1 の切り出し手段と、

上記雑音発生手段に入力される信号から所定の中間ビットと所定の下位ビットの少なくとも一方を切り出して当該少なくとも一方のビットを含む信号を出力する少なくとも 1 つの第 2 の切り出し手段と、  
15

上記第 1 の切り出し手段からの信号と、上記第 2 の切り出し手段からの信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。  
20

8. 上記第 2 の切り出し手段は、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び下位ビットと、2 つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする請求項 7 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。  
25

9. 上記第 2 の切り出し手段は、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び 2 つの下位ビットと、3 つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする請求項 7 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。  
30

10. 上記入力信号とは独立である雑音信号を発生する独立雑音発生手段と、

上記第 2 の切り出し手段からの雑音信号と、上記独立雑音発生手段からの雑音

信号とを加算して上記乗算手段に出力する別の加算手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項 7 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

11. 上記独立雑音発生手段は、互いに異なる複数の雑音信号を発生し、上記複数の雑音信号を加算して出力することを特徴とする請求項 10 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。  
5

12. 上記独立雑音発生手段は、ダイヤモンドディザ型雑音信号を発生することを特徴とする請求項 10 又は 11 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

13. 上記雑音発生手段は、

10 上記雑音発生手段に入力される信号を、その信号のレベルに対して非一様に量子化して出力する非一様量子化手段と、

上記非一様量子化手段からの信号に対して、上記非一様量子化手段の処理とは逆の処理を実行して出力する逆量子化手段と、

15 上記雑音発生手段に入力される信号と、上記逆量子化手段からの信号との差を計算することにより、上記雑音発生手段に入力される信号の量子化雑音信号を発生して出力する減算手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

14. 上記非一様量子化手段は、入力信号のレベルが大きくなるにつれて、量子化幅を大きくなるように入力信号を量子化することを特徴とする請求項 13 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

20 15. 上記非一様量子化手段は、Lビットの直線符号をそのランレンジスを1/Nに圧縮して、Mビットのデータを発生して出力し、ここで、L、M及びNは2以上の正の整数であることを特徴とする請求項 13 又は 14 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

25 16. 上記非一様量子化手段は、上位で所定論理のビットが連続する連続データQ0と、上記連続データQ0の連続性をブレークする反転ビットT0と、上記反転ビットT0以降の下位データD0とで構成されるLビットの直線符号を、上記連続データQ0のランレンジスを圧縮して得られる圧縮された連続データQ1と、上記圧縮された連続データQ1の連続性をブレークする反転ビットT1と、上記ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データF1と、上記下位

データD0を丸めて得るようにした仮数データD1とで構成するMビットの圧縮データに変換して出力し、

ここで、上記連続データQ0のランレングスをL0とし、上記圧縮された連続データQ1のランレングスをL1とし、Nを2以上の整数とするとき、上記圧縮された連続データQ1のランレングスL1と、圧縮剩余データF1とは、  
5  $L1 = \text{Int}(L0/N)$  及び  $F1 = L0 \bmod N$  で表され、ここで、Intは引数の整数値を表す関数であり、 $A \bmod B$  はAをBで除算したときの剰余を表す関数であることを特徴とする請求項13乃至15のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

10 17. 上記逆量子化手段は、上位で所定論理のビットが連続する圧縮された連続データQ1、上記圧縮された連続データQ1の連続性をブレークする反転ビットT1、ランレングスを圧縮する時に生じる剰余を表す圧縮剩余データF1及び仮数データD1によって構成する圧縮データを、上記Q1のランレングスをN倍に伸長し、上記F1の値に応じた長さの連続データを付加し、Q0の連続性をブレー  
15 ークする反転ビットT0を付加し、引き続き上記仮数データD1を付加して、連続データQ0、反転ビットT0及び仮数データD0を読み出して伸長データを出力し、

ここで、上記連続データQ0のランレングスをL0とし、上記圧縮された連続データQ1のランレングスをL1とし、圧縮剩余データF1から求める剰余をF  
20 1とし、Nを2以上の整数とするとき、 $L0 = L1 * n + F1$  及び  $D0 = D1$  で表され、ここで、\*は乗算を表す算術記号であることを特徴とする請求項13乃至15のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

18. 上記非一様量子化手段は、入力される直線符号を、所定の有効ビット長を有するフローディング符号化してその符号化信号を出力することを特徴とする請求項13乃至17のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。  
25

19. 上記雑音発生手段は、

上記雑音発生手段に入力される信号と、そのレベルに従って変化するようにレベル相關した雑音信号との関係を格納したテーブルメモリ手段と、

上記雑音発生手段に入力される信号に応答して、当該信号に対応する雑音信号

を上記テーブルメモリ手段から読み出して出力する変換手段とを備えたことを特徴とする請求項 1 乃至 18 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

20. 上記信号処理手段は、少なくとも第 1 のフィルタ手段を備え、上記入力信号の周波数帯域より高い周波数帯域をろ波して取り出すことを特徴とする請求項 5 1 乃至 19 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

21. 上記信号処理手段は、少なくとも  $1/f$  フィルタ手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の高域スペクトルに対して、 $1/f$  の低減特性を与えることを特徴とする請求項 1 乃至 20 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。10

22. 上記信号処理手段は、少なくともエコー付加処理手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の高域スペクトルに対して、エコー信号を付加することを特徴とする請求項 1 乃至 21 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

23. 上記信号処理手段は、少なくとも第 2 のフィルタ手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の周波数帯域より高い周波数帯域を、ナイキスト周波数を越える周波数帯域を含むようにろ波して取り出すことを特徴とする請求項 1 乃至 22 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。15

24. 入力信号を帯域通過ろ波ステップにより帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するようにレベル相関した雑音信号を発生する雑音発生ステップと、20

上記発生された雑音信号に対して、加算ステップの加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しつつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理ステップと、25

上記入力信号と、上記信号処理ステップからの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算ステップとを含むことを特徴とするオーディオ信号帯域拡張方法。

25. 上記帯域通過ろ波ステップの前段に挿入して実行され、上記入力信号を A

／D変換する第1の変換ステップと、

上記信号処理ステップと上記加算ステップの間に挿入して実行され、上記信号処理ステップからの出力信号をD／A変換する第2の変換ステップとをさらに含むことを特徴とする請求項24記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

5 26. 上記帯域通過ろ波ステップの前段及び上記加算ステップの前段に挿入して実行され、上記入力信号をオーバーサンプリングしつつ低域通過ろ波して上記帯域通過ろ波ステップ及び上記加算ステップに出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波ステップをさらに含むことを特徴とする請求項24記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

10 27. 上記加算ステップの前段に挿入して実行され、上記入力信号をオーバーサンプリングしつつ低域通過ろ波して上記加算ステップに出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波ステップと、

上記雑音発生ステップと上記信号処理ステップとの間に挿入して実行され、上記雑音発生ステップからの雑音信号をオーバーサンプリングして上記信号処理ステップに出力するオーバーサンプリングステップとをさらに含むことを特徴とする請求項24記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

28. 上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号のレベルを検出し、検出したレベルを有するレベル信号を発生して出力するレベル信号発生ステップと、

20 上記雑音発生ステップにおいて入力される信号に従って雑音信号を発生して出力する雑音信号発生ステップと、

25 上記レベル信号発生ステップからのレベル信号と、上記雑音信号発生ステップからの雑音信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算ステップとを含むことを特徴とする請求項24乃至27のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

29. 上記雑音信号発生ステップは、デルタシグマ変調型量子化ステップを含み、上記雑音信号発生ステップにおいて入力される信号の量子化雑音信号を発生して、上記雑音信号として出力することを特徴とする請求項28記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

30. 上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号から所定の上位ビットを切り出しして上位ビットを含む信号を出力する第1の切り出しきっぷと、

5 上記雑音発生ステップにおいて入力される信号から所定の中間ビットと所定の下位ビットの少なくとも一方を切り出して当該少なくとも一方のビットを含む信号を出力する少なくとも1つの第2の切り出しきっぷと、

10 上記第1の切り出しきっぷからの信号と、上記第2の切り出しきっぷからの信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算ステップとを含むことを特徴とする請求項24乃至27のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

31. 上記第2の切り出しきっぷは、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び下位ビットと、2つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする請求項30記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

15 32. 上記第2の切り出しきっぷは、上記第2の切り出し手段は、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び2つの下位ビットと、3つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする請求項30記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

20 33. 上記入力信号とは独立である雑音信号を発生する独立雑音発生ステップと、上記第2の切り出しきっぷからの雑音信号と、上記独立雑音発生ステップからの雑音信号とを加算して上記乗算ステップに出力する別の加算ステップとをさらに含むことを特徴とする請求項30記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

25 34. 上記独立雑音発生ステップは、互いに異なる複数の雑音信号を発生し、上記複数の雑音信号を加算して出力することを特徴とする請求項33記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

35. 上記独立雑音発生ステップは、ダイヤモンドディザ型雑音信号を発生することを特徴とする請求項33又は34記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

36. 上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号を、その信号のレベルに対して

非一様に量子化して出力する非一様量子化ステップと、

上記非一様量子化ステップからの信号に対して、上記非一様量子化ステップの処理とは逆の処理を実行して出力する逆量子化ステップと、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号と、上記逆量子化ステップからの信号との差を計算することにより、上記雑音発生ステップにおいて入力される信号の量子化雑音信号を発生して出力する減算ステップとを含むことを特徴とする請求項 24 乃至 27 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

37. 上記非一様量子化ステップは、入力信号のレベルが大きくなるにつれて、量子化幅を大きくなるように入力信号を量子化することを特徴とする請求項 36 記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

38. 上記非一様量子化ステップは、L ビットの直線符号をそのランレンジスを  $1/N$  に圧縮して、M ビットのデータを発生して出力し、ここで、L、M 及び N は 2 以上の正の整数であることを特徴とする請求項 36 又は 37 記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

39. 上記非一様量子化ステップは、上位で所定論理のビットが連続する連続データ Q0 と、上記連続データ Q0 の連続性をブレークする反転ビット T0 と、上記反転ビット T0 以降の下位データ D0 とで構成される L ビットの直線符号を、上記連続データ Q0 のランレンジスを圧縮して得られる圧縮された連続データ Q1 と、上記圧縮された連続データ Q1 の連続性をブレークする反転ビット T1 と、上記ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データ F1 と、上記下位データ D0 を丸めて得るようにした仮数データ D1 とで構成する M ビットの圧縮データに変換して出力し、

ここで、上記連続データ Q0 のランレンジスを L0 とし、上記圧縮された連続データ Q1 のランレンジスを L1 とし、N を 2 以上の整数とするとき、上記圧縮された連続データ Q1 のランレンジス L1 と、圧縮剩余データ F1 とは、 $L1 = \text{Int}(L0/N)$  及び  $F1 = L0 \bmod N$  で表され、ここで、Int は引数の整数値を表す関数であり、 $A \bmod B$  は A を B で除算したときの剩余を表す関数であることを特徴とする請求項 36 乃至 38 のうちのいずれか 1 つに記

載のオーディオ信号帯域拡張方法。

4 0. 上記逆量子化ステップは、上位で所定論理のビットが連続する圧縮された連続データ  $Q_1$ 、上記圧縮された連続データ  $Q_1$  の連続性をブレークする反転ビット  $T_1$ 、ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データ  $F_1$  及び仮数データ  $D_1$  によって構成する圧縮データを、上記  $Q_1$  のランレンジスを  $N$  倍に伸長し、上記  $F_1$  の値に応じた長さの連続データを付加し、 $Q_0$  の連続性をブレークする反転ビット  $T_0$  を付加し、引き続き上記仮数データ  $D_1$  を付加して、連続データ  $Q_0$ 、反転ビット  $T_0$  及び仮数データ  $D_0$  を読み出して伸長データを出力し、

10 ここで、上記連続データ  $Q_0$  のランレンジスを  $L_0$  とし、上記圧縮された連続データ  $Q_1$  のランレンジスを  $L_1$  とし、圧縮剩余データ  $F_1$  から求める剩余を  $F_1$  とし、 $N$  を 2 以上の整数とするとき、 $L_0 = L_1 * n + F_1$  及び  $D_0 = D_1$  で表され、ここで、\*は乗算を表す算術記号であることを特徴とする請求項 3 6 乃至 3 8 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

15 4 1. 上記非一様量子化ステップは、入力される直線符号を、所定の有効ビット長を有するフローティング符号化してその符号化信号を出力することを特徴とする請求項 3 6 乃至 4 0 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

4 2. 上記雑音発生ステップは、  
20 上記雑音発生ステップにおいて入力される信号と、そのレベルに従って変化するようにレベル相關した雑音信号との関係を格納したテーブルメモリステップと、  
上記雑音発生ステップにおいて入力される信号に応答して、当該信号に対応する雑音信号を上記テーブルメモリステップから読み出して出力する変換ステップとを含むことを特徴とする請求項 2 4 乃至 4 1 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

25 4 3. 上記信号処理ステップは、少なくとも第 1 のフィルタステップを含み、上記入力信号の周波数帯域より高い周波数帯域をろ波して取り出することを特徴とする請求項 2 4 乃至 4 2 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

4 4. 上記信号処理ステップは、少なくとも  $1/f$  フィルタステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の高域スペクトルに対して、 $1/f$  の低減特性を与えることを特徴とする請求項 2 4 乃至 4 3 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

5 4 5. 上記信号処理ステップは、少なくともエコー付加処理ステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の高域スペクトルに対して、エコー信号を付加することを特徴とする請求項 2 4 乃至 4 4 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

10 4 6. 上記信号処理ステップは、少なくとも第 2 のフィルタステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の周波数帯域より高い周波数帯域を、ナイキスト周波数を越える周波数帯域を含むようにろ波して取り出すことを特徴とする請求項 2 4 乃至 4 5 記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

15 4 7. 光ディスクに格納されたオーディオ信号を再生する再生装置と、上記再生されたオーディオ信号の帯域を拡張し、拡張後のオーディオ信号を出力する請求項 1 乃至 2 3 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置とを備えたことを特徴とする光ディスクシステム。

4 8. 請求項 2 4 乃至 4 6 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むことを特徴とするプログラム。

20 4 9. 請求項 2 4 乃至 4 6 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むプログラムを格納したことを特徴とするコンピュータで読み取り可能な記録媒体。

## 補正書の請求の範囲

[2004年12月27日 (27.12.04) 国際事務局受理：出願当初の請求の範囲 1-49 は取り下げられた；新しい請求の範囲 50-96 が加えられた。]

1. (削除)
2. (削除)
3. (削除)
- 5 4. (削除)
5. (削除)
6. (削除)
7. (削除)
8. (削除)
- 10 9. (削除)
10. (削除)
11. (削除)
12. (削除)
13. (削除)
- 15 14. (削除)
15. (削除)
16. (削除)
17. (削除)
18. (削除)
- 20 19. (削除)
20. (削除)
21. (削除)
22. (削除)
23. (削除)
- 25 24. (削除)
25. (削除)
26. (削除)
27. (削除)
28. (削除)

29. (削除)

30. (削除)

31. (削除)

32. (削除)

5 33. (削除)

34. (削除)

35. (削除)

36. (削除)

37. (削除)

10 38. (削除)

39. (削除)

40. (削除)

41. (削除)

42. (削除)

15 43. (削除)

44. (削除)

45. (削除)

46. (削除)

47. (削除)

20 48. (削除)

49. (削除)

50. (追加) 入力信号を帯域通過ろ波手段により帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するようにレベル相関した雑音信号を発生する雑音発生手段と、  
25 上記発生された雑音信号に対して、加算手段の加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しかつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理手段と、  
上記入力信号と、上記信号処理手段からの出力信号とを加算して、加算結果の

信号を出力する加算手段とを備え、

上記雑音発生手段は、

上記雑音発生手段に入力される信号のレベルを検出し、検出したレベルを有するレベル信号を発生して出力するレベル信号発生手段と、

5 上記雑音発生手段に入力される信号に従って雑音信号を発生して出力する雑音信号発生手段と、

上記レベル信号発生手段からのレベル信号と、上記雑音信号発生手段からの雑音信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算手段とを備えたことを特徴とするオーディオ信号帯域拡張装置。

10 5 1. (追加) 入力信号を帯域通過ろ波手段により帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するようにレベル相關した雑音信号を発生する雑音発生手段と、

15 上記発生された雑音信号に対して、加算手段の加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しかつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理手段と、

上記入力信号と、上記信号処理手段からの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算手段とを備え、

上記雑音発生手段は、

20 上記雑音発生手段に入力される信号から所定の上位ビットを切り出して上位ビットを含む信号を出力する第1の切り出し手段と、

上記雑音発生手段に入力される信号から所定の中間ビットと所定の下位ビットの少なくとも一方を切り出して当該少なくとも一方のビットを含む信号を出力する少なくとも1つの第2の切り出し手段と、

25 上記第1の切り出し手段からの信号と、上記第2の切り出し手段からの信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算手段とを備えたことを特徴とするオーディオ信号帯域拡張装置。

5 2. (追加) 入力信号を帯域通過ろ波手段により帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するように

レベル相關した雑音信号を発生する雑音発生手段と、

上記発生された雑音信号に対して、加算手段の加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しあつスペクトルの連續性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号  
5 处理手段と、

上記入力信号と、上記信号処理手段からの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算手段とを備え、

上記雑音発生手段は、

10 上記雑音発生手段に入力される信号を、その信号のレベルに対して非一様に量子化して出力する非一様量子化手段と、

上記非一様量子化手段からの信号に対して、上記非一様量子化手段の処理とは逆の処理を実行して出力する逆量子化手段と、

15 上記雑音発生手段に入力される信号と、上記逆量子化手段からの信号との差を計算することにより、上記雑音発生手段に入力される信号の量子化雑音信号を発生して出力する減算手段とを備えたことを特徴とするオーディオ信号帯域拡張装置。

5 3. (追加) 上記帯域通過ろ波手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をA/D変換する第1の変換手段と、

20 上記信号処理手段と上記加算手段の間に挿入して設けられ、上記信号処理手段からの出力信号をD/A変換する第2の変換手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項50乃至52のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

25 5 4. (追加) 上記帯域通過ろ波手段の前段及び上記加算手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をオーバーサンプリングしあつ低域通過ろ波して上記帯域通過ろ波手段及び上記加算手段に出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波手段をさらに備えたことを特徴とする請求項50乃至52のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

5 5. (追加) 上記加算手段の前段に挿入して設けられ、上記入力信号をオーバーサンプリングしあつ低域通過ろ波して上記加算手段に出力するオーバーサンプ

リング型低域通過ろ波手段と、

上記雑音発生手段と上記信号処理手段との間に挿入して設けられ、上記雑音発生手段からの雑音信号をオーバーサンプリングして上記信号処理手段に出力するオーバーサンプリング手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項 5 0 乃至 5 5 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

5 6. (追加) 上記雑音信号発生手段は、デルタシグマ変調型量子化器を備え、上記雑音信号発生手段に入力される信号の量子化雑音信号を発生して、上記雑音信号として出力することを特徴とする請求項 5 0 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

10 5 7. (追加) 上記第 2 の切り出し手段は、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び下位ビットと、2 つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする請求項 5 1 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

15 5 8. (追加) 上記第 2 の切り出し手段は、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び 2 つの下位ビットと、3 つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする請求項 5 1 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

5 9. (追加) 上記入力信号とは独立である雑音信号を発生する独立雑音発生手段と、

20 上記第 2 の切り出し手段からの雑音信号と、上記独立雑音発生手段からの雑音信号とを加算して上記乗算手段に出力する別の加算手段とをさらに備えたことを特徴とする請求項 5 1 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

25 6 0. (追加) 上記独立雑音発生手段は、互いに異なる複数の雑音信号を発生し、上記複数の雑音信号を加算して出力することを特徴とする請求項 5 9 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

6 1. (追加) 上記独立雑音発生手段は、ダイヤモンドディザ型雑音信号を発生することを特徴とする請求項 5 9 又は 6 0 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

6 2. (追加) 上記非一様量子化手段は、入力信号のレベルが大きくなるにつれて、量子化幅を大きくなるように入力信号を量子化することを特徴とする請求項

5 2記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

6 3. (追加) 上記非一様量子化手段は、Lビットの直線符号をそのランレンジスを1/Nに圧縮して、Mビットのデータを発生して出力し、ここで、L、M及びNは2以上の正の整数であることを特徴とする請求項5 2又は6 2記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

6 4. (追加) 上記非一様量子化手段は、上位で所定論理のビットが連続する連続データQ 0と、上記連続データQ 0の連続性をブレークする反転ビットT 0と、上記反転ビットT 0以降の下位データD 0とで構成されるLビットの直線符号を、上記連続データQ 0のランレンジスを圧縮して得られる圧縮された連続データQ 1と、上記圧縮された連続データQ 1の連続性をブレークする反転ビットT 1と、上記ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データF 1と、上記下位データD 0を丸めて得るようにした仮数データD 1とで構成するMビットの圧縮データに変換して出力し、

ここで、上記連続データQ 0のランレンジスをL 0とし、上記圧縮された連続データQ 1のランレンジスをL 1とし、Nを2以上の整数とするとき、上記圧縮された連続データQ 1のランレンジスL 1と、圧縮剩余データF 1とは、 $L 1 = \text{Int}(L 0 / N)$  及び $F 1 = L 0 \bmod N$ で表され、ここで、Intは引数の整数值を表す関数であり、 $A \bmod B$ はAをBで除算したときの剩余を表す関数であることを特徴とする請求項5 2、6 2及び6 3のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

6 5. (追加) 上記逆量子化手段は、上位で所定論理のビットが連続する圧縮された連続データQ 1、上記圧縮された連続データQ 1の連続性をブレークする反転ビットT 1、ランレンジスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データF 1及び仮数データD 1によって構成する圧縮データを、上記Q 1のランレンジスをN倍に伸長し、上記F 1の値に応じた長さの連続データを付加し、Q 0の連続性をブレークする反転ビットT 0を付加し、引き続き上記仮数データD 1を付加して、連続データQ 0、反転ビットT 0及び仮数データD 0を読み出して伸長データを出力し、

ここで、上記連続データQ 0のランレンジスをL 0とし、上記圧縮された連続

データQ1のランレンジスをL1とし、圧縮剩餘データF1から求める剩餘をF1とし、Nを2以上の整数とするとき、L0=L1\*n+F1及びD0=D1で表され、ここで、\*は乗算を表す算術記号であることを特徴とする請求項52、62及び63のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

5 66. (追加) 上記非一様量子化手段は、入力される直線符号を、所定の有効ビット長を有するフローティング符号化してその符号化信号を出力することを特徴とする請求項52及び62乃至65のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

67. (追加) 上記雑音発生手段は、  
10 上記雑音発生手段に入力される信号と、そのレベルに従って変化するようにレベル相關した雑音信号との関係を格納したテーブルメモリ手段と、  
上記雑音発生手段に入力される信号に応答して、当該信号に対応する雑音信号を上記テーブルメモリ手段から読み出して出力する変換手段とを備えたことを特徴とする請求項50乃至66のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

15 68. (追加) 上記信号処理手段は、少なくとも第1のフィルタ手段を備え、上記入力信号の周波数帯域より高い周波数帯域をろ波して取り出すことを特徴とする請求項50乃至67のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

69. (追加) 上記信号処理手段は、少なくとも $1/f$ フィルタ手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の高域スペクトルに対して、 $1/f$ の低減特性を与えることを特徴とする請求項50乃至68のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

70. (追加) 上記信号処理手段は、少なくともエコー付加処理手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の高域スペクトルに対して、エコー信号を付加することを特徴とする請求項50乃至69のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

71. (追加) 上記信号処理手段は、少なくとも第2のフィルタ手段を備え、上記信号処理手段に入力される信号の周波数帯域より高い周波数帯域を、ナイキス

ト周波数を越える周波数帯域を含むようにろ波して取り出すことを特徴とする請求項 50 乃至 70 記載のオーディオ信号帯域拡張装置。

72. (追加) 入力信号を帯域通過ろ波ステップにより帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するよう 5 にレベル相關した雑音信号を発生する雑音発生ステップと、

上記発生された雑音信号に対して、加算ステップの加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しかつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理ステップと、

10 上記入力信号と、上記信号処理ステップからの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算ステップとを含み、

上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号のレベルを検出し、検出したレベルを有するレベル信号を発生して出力するレベル信号発生ステップと、

15 上記雑音発生ステップにおいて入力される信号に従って雑音信号を発生して出力する雑音信号発生ステップと、

上記レベル信号発生ステップからのレベル信号と、上記雑音信号発生ステップからの雑音信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算ステップとを含むことを特徴とするオーディオ信号帯域拡張方法。

20 73. (追加) 入力信号を帯域通過ろ波ステップにより帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するよう うにレベル相關した雑音信号を発生する雑音発生ステップと、

上記発生された雑音信号に対して、加算ステップの加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しかつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理ステップと、

25 上記入力信号と、上記信号処理ステップからの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算ステップとを含み、

上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号から所定の上位ビットを切り出して上位ビットを含む信号を出力する第1の切り出しステップと、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号から所定の中間ビットと所定の下位ビットの少なくとも一方を切り出して当該少なくとも一方のビットを含む信号を出力する少なくとも1つの第2の切り出しステップと、

上記第1の切り出しステップからの信号と、上記第2の切り出しステップからの信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算ステップとを含むことを特徴とするオーディオ信号帯域拡張方法。

74. (追加) 入力信号を帯域通過ろ波ステップにより帯域通過ろ波した部分帯域の信号のレベルと、上記入力信号のレベルとのうちの一方に従って変化するようレベル相關した雑音信号を発生する雑音発生ステップと、

上記発生された雑音信号に対して、加算ステップの加算時に所定の拡張帯域信号の下限周波数において上記入力信号とレベルが実質的に一致しかつスペクトルの連続性を保持するように所定の伝達関数を乗算し、乗算結果の信号を出力する信号処理ステップと、

上記入力信号と、上記信号処理ステップからの出力信号とを加算して、加算結果の信号を出力する加算ステップとを含み、

上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号を、その信号のレベルに対して非一様に量子化して出力する非一様量子化ステップと、

上記非一様量子化ステップからの信号に対して、上記非一様量子化ステップの処理とは逆の処理を実行して出力する逆量子化ステップと、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号と、上記逆量子化ステップからの信号との差を計算することにより、上記雑音発生ステップにおいて入力される信号の量子化雑音信号を発生して出力する減算ステップとを含むことを特徴とするオーディオ信号帯域拡張方法。

75. (追加) 上記帯域通過ろ波ステップの前段に挿入して実行され、上記入力信号をA/D変換する第1の変換ステップと、

上記信号処理ステップと上記加算ステップの間に挿入して実行され、上記信号

処理ステップからの出力信号をD/A変換する第2の変換ステップとをさらに含むことを特徴とする請求項72乃至74のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

76. (追加) 上記帯域通過ろ波ステップの前段及び上記加算ステップの前段に5挿入して実行され、上記入力信号をオーバーサンプリングしかつ低域通過ろ波して上記帯域通過ろ波ステップ及び上記加算ステップに出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波ステップをさらに含むことを特徴とする請求項72乃至74のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

77. (追加) 上記加算ステップの前段に挿入して実行され、上記入力信号をオ10ーバーサンプリングしかつ低域通過ろ波して上記加算ステップに出力するオーバーサンプリング型低域通過ろ波ステップと、

上記雑音発生ステップと上記信号処理ステップとの間に挿入して実行され、上記雑音発生ステップからの雑音信号をオーバーサンプリングして上記信号処理ステップに出力するオーバーサンプリングステップとをさらに含むことを特徴とする請求項72乃至74のうちのいずれか1つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。15

78. (追加) 上記雑音信号発生ステップは、デルタシグマ変調型量子化ステップを含み、上記雑音信号発生ステップにおいて入力される信号の量子化雑音信号を発生して、上記雑音信号として出力することを特徴とする請求項72記載のオ20ーディオ信号帯域拡張方法。

79. (追加) 上記第2の切り出しステップは、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び下位ビットと、2つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする請求項73記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

80. (追加) 上記第2の切り出しステップは、上記第2の切り出し手段は、互いに異なるビット位置でかつ所定のビット幅で、中間ビット及び2つの下位ビットと、3つの中間ビットとのうちの一方を切り出した後加算し、加算結果の信号を出力することを特徴とする請求項73記載のオーディオ信号帯域拡張方法。25

81. (追加) 上記入力信号とは独立である雑音信号を発生する独立雑音発生ス

テップと、

上記第2の切り出しへテップからの雑音信号と、上記独立雑音発生ステップからの雑音信号とを加算して上記乗算ステップに出力する別の加算ステップとをさらに含むことを特徴とする請求項73記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

5 82. (追加) 上記独立雑音発生ステップは、互いに異なる複数の雑音信号を発生し、上記複数の雑音信号を加算して出力することを特徴とする請求項81記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

10 83. (追加) 上記独立雑音発生ステップは、ダイヤモンドディザ型雑音信号を発生することを特徴とする請求項81又は82記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

84. (追加) 上記非一様量子化ステップは、入力信号のレベルが大きくなるにつれて、量子化幅を大きくなるように入力信号を量子化することを特徴とする請求項74記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

15 85. (追加) 上記非一様量子化ステップは、Lビットの直線符号をそのランレングスを1/Nに圧縮して、Mビットのデータを発生して出力し、ここで、L、M及びNは2以上の正の整数であることを特徴とする請求項74又は84記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

20 86. (追加) 上記非一様量子化ステップは、上位で所定論理のビットが連続する連続データQ0と、上記連続データQ0の連続性をブレークする反転ビットT0と、上記反転ビットT0以降の下位データD0とで構成されるLビットの直線符号を、上記連続データQ0のランレングスを圧縮して得られる圧縮された連続データQ1と、上記圧縮された連続データQ1の連続性をブレークする反転ビットT1と、上記ランレングスを圧縮する時に生じる剩余を表す圧縮剩余データF1と、上記下位データD0を丸めて得るようにした仮数データD1とで構成するMビットの圧縮データに変換して出力し、

ここで、上記連続データQ0のランレングスをL0とし、上記圧縮された連続データQ1のランレングスをL1とし、Nを2以上の整数とするとき、上記圧縮された連続データQ1のランレングスL1と、圧縮剩余データF1とは、 $L1 = Int(L0/N)$  及び  $F1 = L0 \bmod N$  で表され、ここで、Intは引

数の整数值を表す関数であり、 $A \bmod B$  は  $A$  を  $B$  で除算したときの剰余を表す関数であることを特徴とする請求項 7 4、8 4 及び 8 5 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

8 7. (追加) 上記逆量子化ステップは、上位で所定論理のビットが連続する圧縮された連続データ  $Q_1$ 、上記圧縮された連続データ  $Q_1$  の連続性をブレークする反転ビット  $T_1$ 、ランレンジスを圧縮する時に生じる剰余を表す圧縮剰余データ  $F_1$  及び仮数データ  $D_1$  によって構成する圧縮データを、上記  $Q_1$  のランレンジスを  $N$  倍に伸長し、上記  $F_1$  の値に応じた長さの連続データを付加し、 $Q_0$  の連続性をブレークする反転ビット  $T_0$  を付加し、引き続き上記仮数データ  $D_1$  を付加して、連続データ  $Q_0$ 、反転ビット  $T_0$  及び仮数データ  $D_0$  を読み出して伸長データを出力し、

ここで、上記連続データ  $Q_0$  のランレンジスを  $L_0$  とし、上記圧縮された連続データ  $Q_1$  のランレンジスを  $L_1$  とし、圧縮剰余データ  $F_1$  から求める剰余を  $F_1$  とし、 $N$  を 2 以上の整数とするとき、 $L_0 = L_1 * n + F_1$  及び  $D_0 = D_1$  で表され、ここで、\* は乗算を表す算術記号であることを特徴とする請求項 7 4、8 4 及び 8 5 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

8 8. (追加) 上記非一様量子化ステップは、入力される直線符号を、所定の有効ビット長を有するフローティング符号化してその符号化信号を出力することを特徴とする請求項 7 4 及び 8 4 乃至 8 7 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

8 9. (追加) 上記雑音発生ステップは、

上記雑音発生ステップにおいて入力される信号と、そのレベルに従って変化するようにレベル相關した雑音信号との関係を格納したテーブルメモリステップと、上記雑音発生ステップにおいて入力される信号に応答して、当該信号に対応する雑音信号を上記テーブルメモリステップから読み出して出力する変換ステップとを含むことを特徴とする請求項 7 2 乃至 8 8 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

9 0. (追加) 上記信号処理ステップは、少なくとも第 1 のフィルタステップを含み、上記入力信号の周波数帯域より高い周波数帯域をろ波して取り出すことを

特徴とする請求項 7 2 乃至 8 9 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

9 1. (追加) 上記信号処理ステップは、少なくとも  $1/f$  フィルタステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の高域スペクトルに対して、  
5  $1/f$  の低減特性を与えることを特徴とする請求項 7 2 乃至 9 0 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

9 2. (追加) 上記信号処理ステップは、少なくともエコー付加処理ステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の高域スペクトルに対して、エコー信号を付加することを特徴とする請求項 7 2 乃至 9 1 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法。  
10

9 3. (追加) 上記信号処理ステップは、少なくとも第 2 のフィルタステップを含み、上記信号処理ステップにおいて入力される信号の周波数帯域より高い周波数帯域を、ナイキスト周波数を越える周波数帯域を含むようにろ波して取り出すことを特徴とする請求項 7 2 乃至 9 2 記載のオーディオ信号帯域拡張方法。

15 9 4. (追加) 光ディスクに格納されたオーディオ信号を再生する再生装置と、上記再生されたオーディオ信号の帯域を拡張し、拡張後のオーディオ信号を出力する請求項 5 0 乃至 7 1 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張装置とを備えたことを特徴とする光ディスクシステム。

20 9 5. (追加) 請求項 7 2 乃至 9 3 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むことを特徴とするプログラム。

9 6. (追加) 請求項 7 2 乃至 9 3 のうちのいずれか 1 つに記載のオーディオ信号帯域拡張方法における各ステップを含むプログラムを格納したことを特徴とするコンピュータで読み取り可能な記録媒体。

### 条約第19条(1)に基づく説明書

請求の範囲の請求項1乃至49を削除し、請求項50乃至96を新たに追加しました。特に、補正後の独立の請求項については、国際調査機関の見解書において新規性及び進歩性があると示された請求項5, 7, 13, 28, 30及び36を独立の請求項の形式で書き換えるように補正したものであります。

補正後の請求項50に係るオーディオ信号帯域拡張装置は、特に、「雑音発生手段は、

上記雑音発生手段に入力される信号のレベルを検出し、検出したレベルを有するレベル信号を発生して出力するレベル信号発生手段と、

上記雑音発生手段に入力される信号に従って雑音信号を発生して出力する雑音信号発生手段と、

上記レベル信号発生手段からのレベル信号と、上記雑音信号発生手段からの雑音信号とを乗算し、乗算結果の雑音信号を出力する乗算手段とを備えたこと」を特徴としております。

従って、本発明に係るオーディオ信号帯域拡張装置及び方法によれば、入力信号が有する帯域以上で入力信号のレベルに従って変化しレベルに関する雑音信号を発生して入力信号と、スペクトルの連続性を保持するように加算することにより、従来技術に比較して容易にオーディオ帯域が拡張された信号を発生することができ、また、上述のように得られた帯域拡張された信号は原音のレベルに従って変化しつつスペクトルの連続性を保持しているので、帯域拡張された信号の高域成分は人工的なものではなく、原音に対して自然に聴こえるという特有の効果を有するものであります。

以上

図1  
オーディオ帯域拡張装置100-1

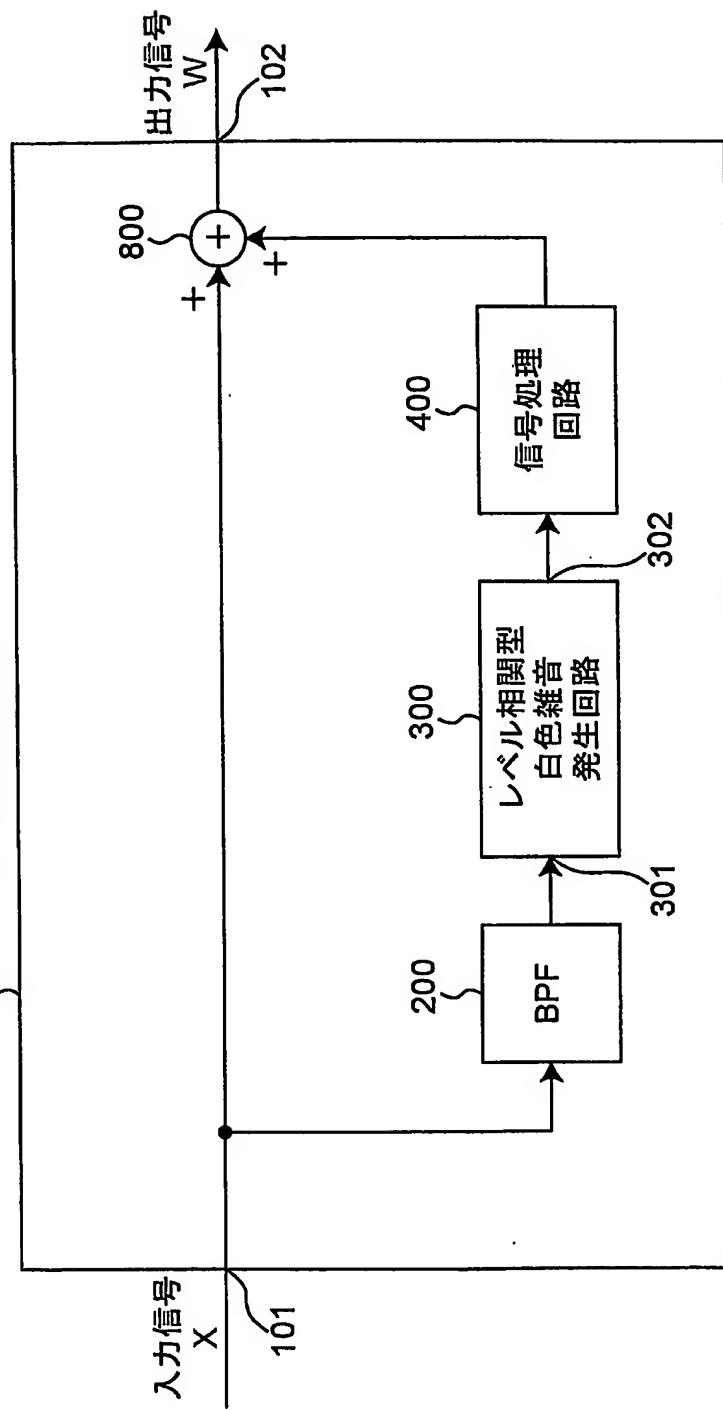


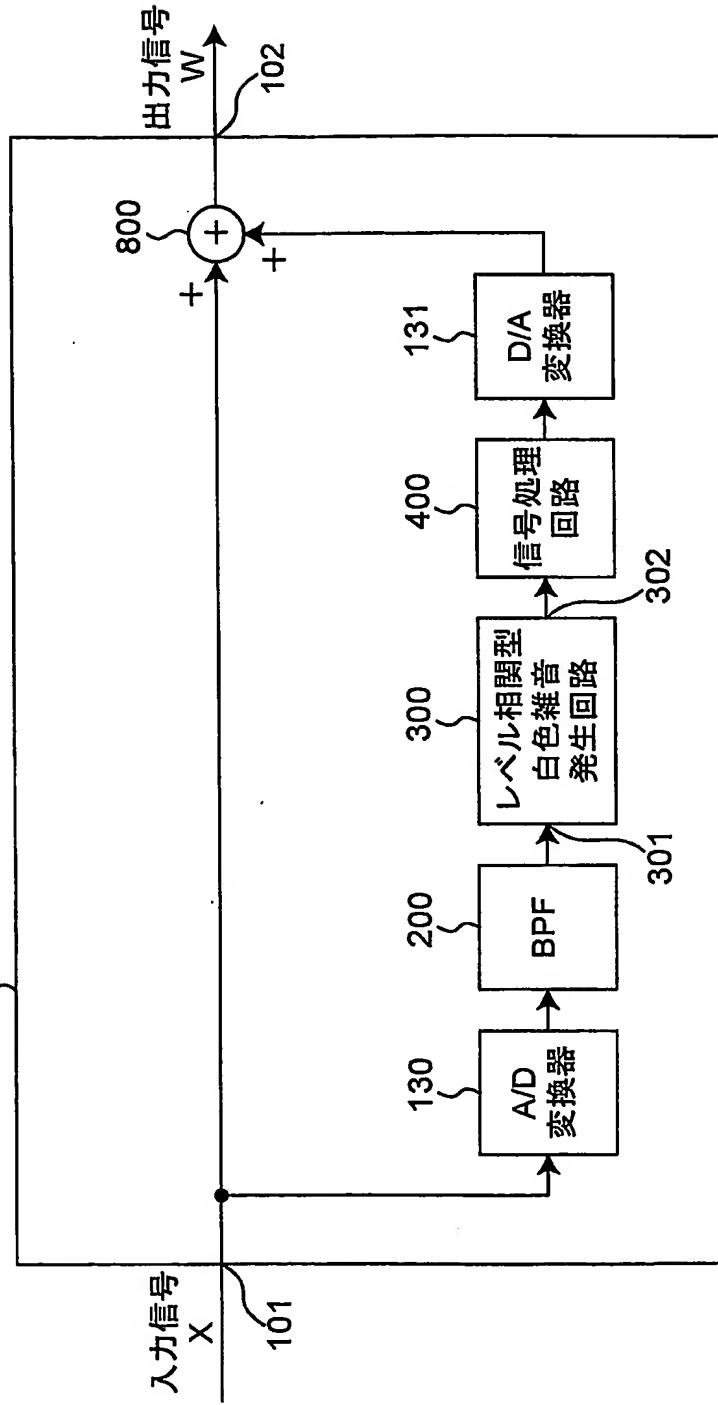
図2  
オーディオ帯域拡張装置100-2

図3 オーディオ帯域拡張装置100-3

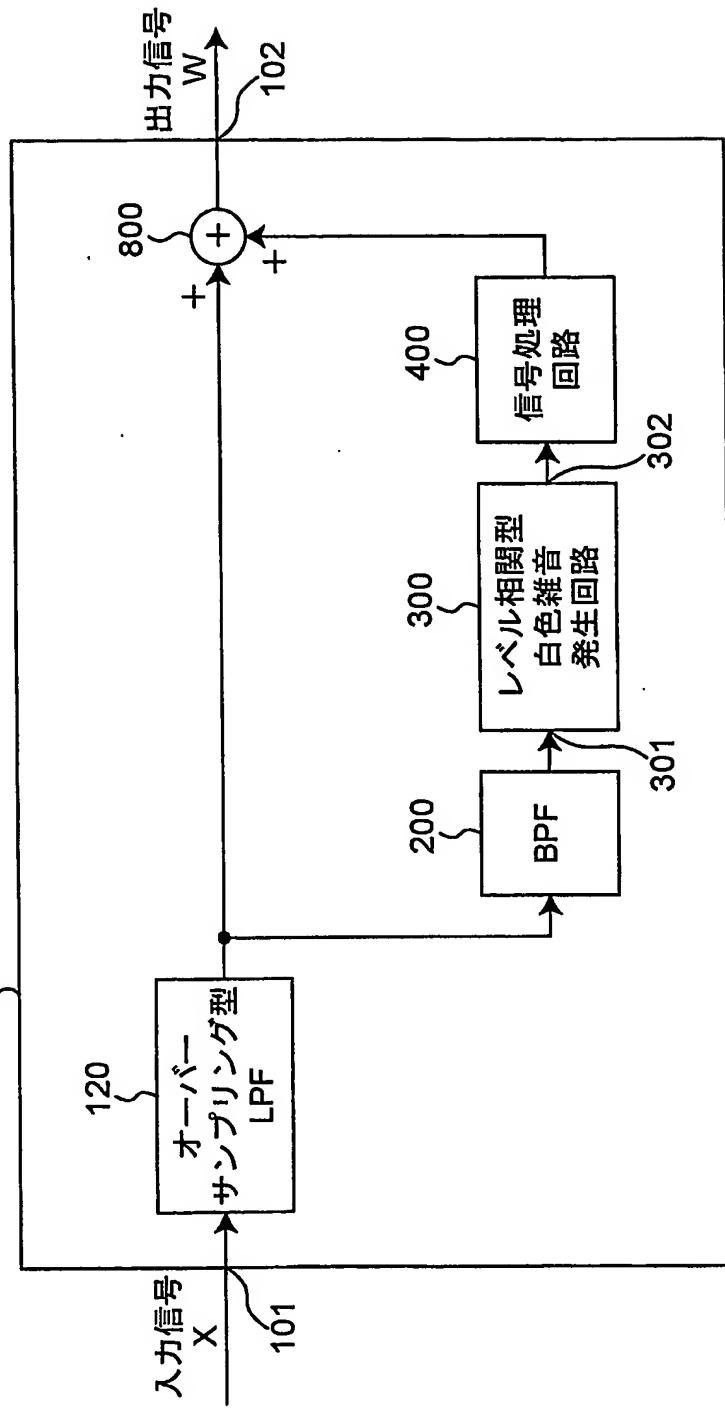
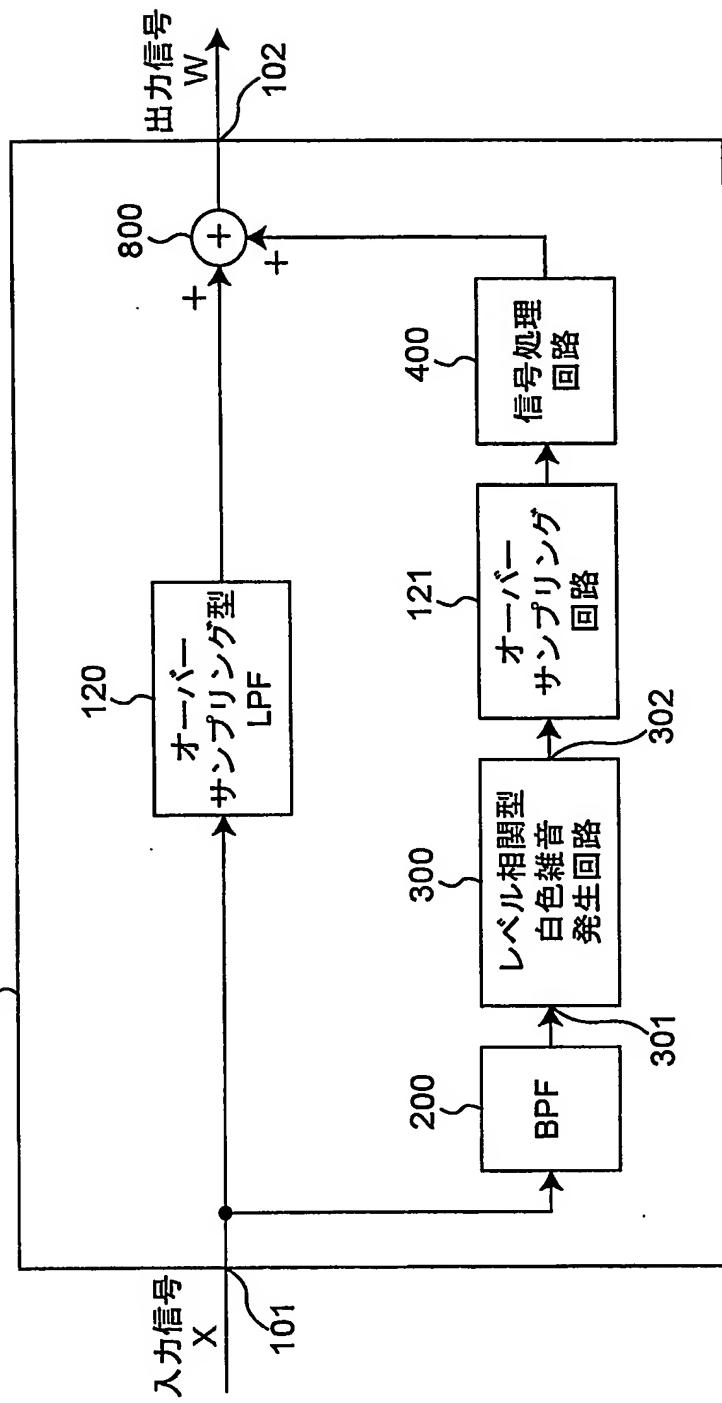
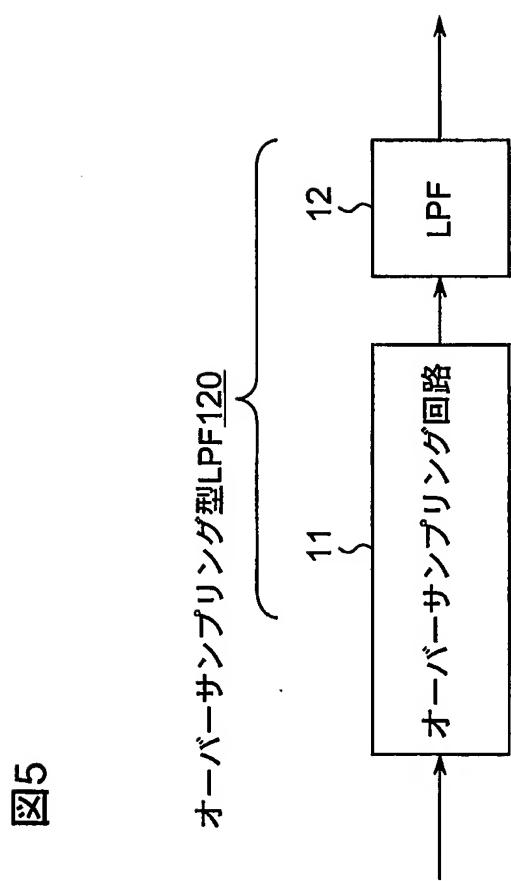


図4  
オーディオ帯域拡張装置100-4





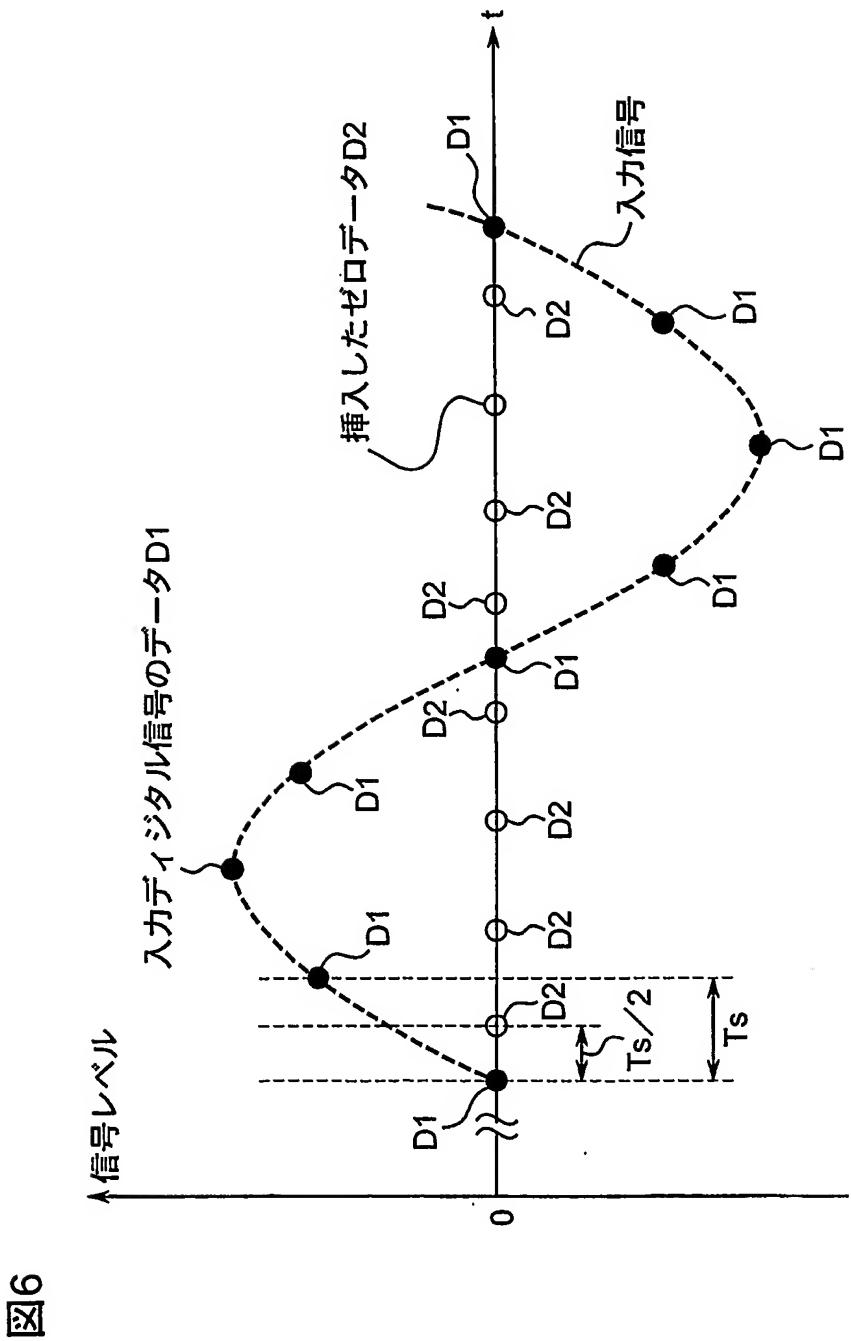
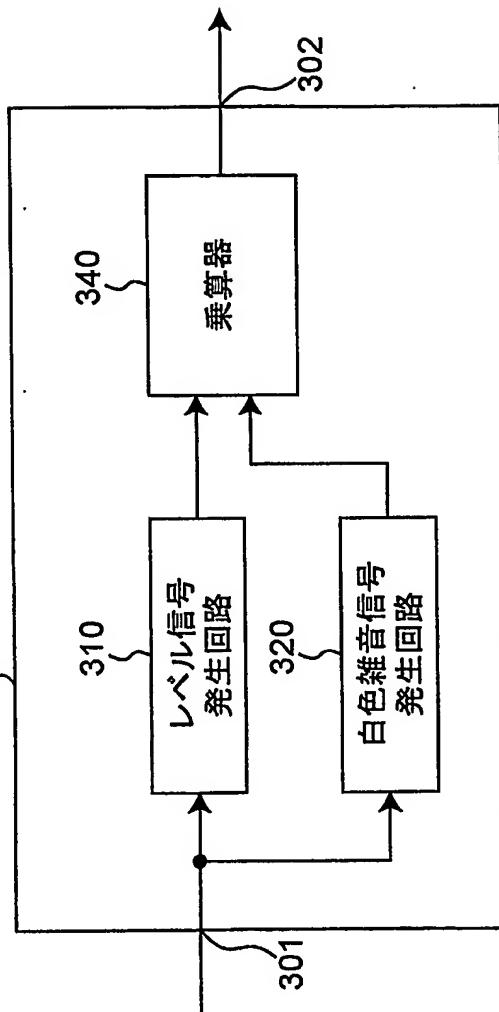


図7 レベル相関型白色雑音発生回路300-1



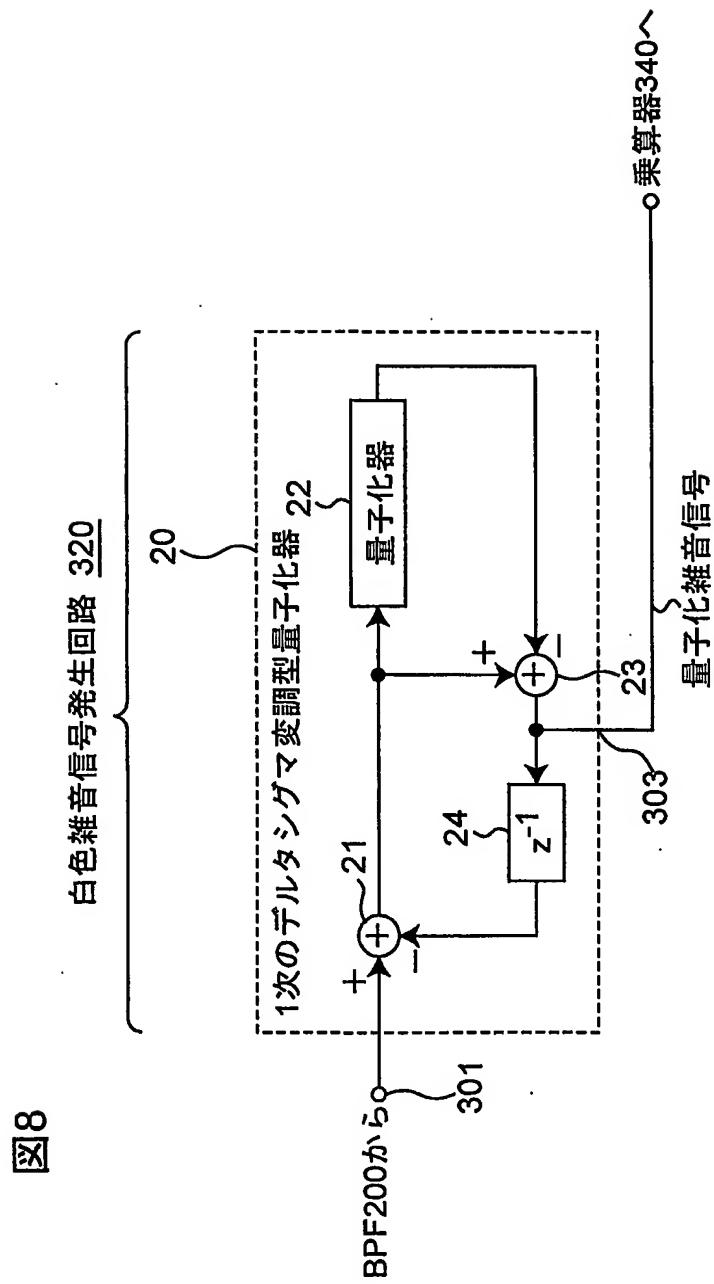


図9 レベル相関型白色雜音発生回路300-2

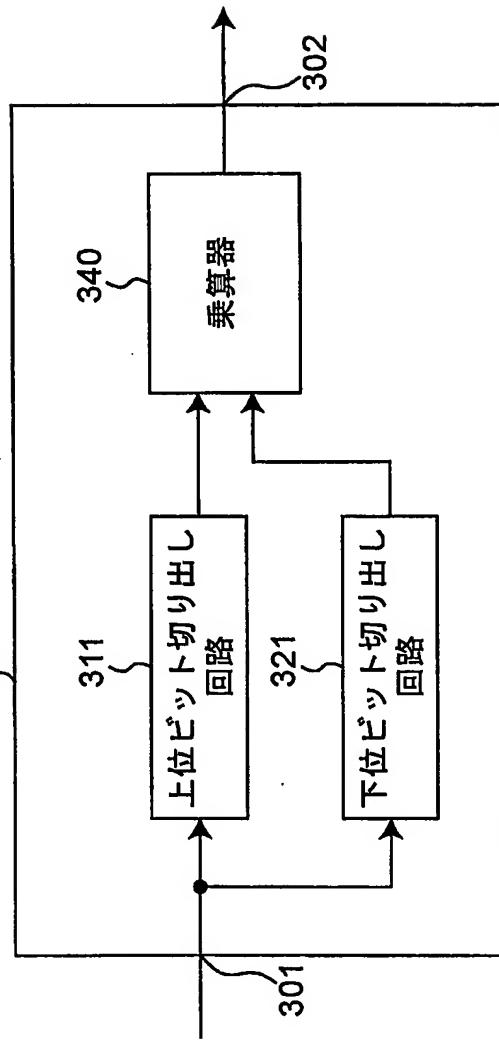


図10 レベル相関型白色雜音発生回路300-3

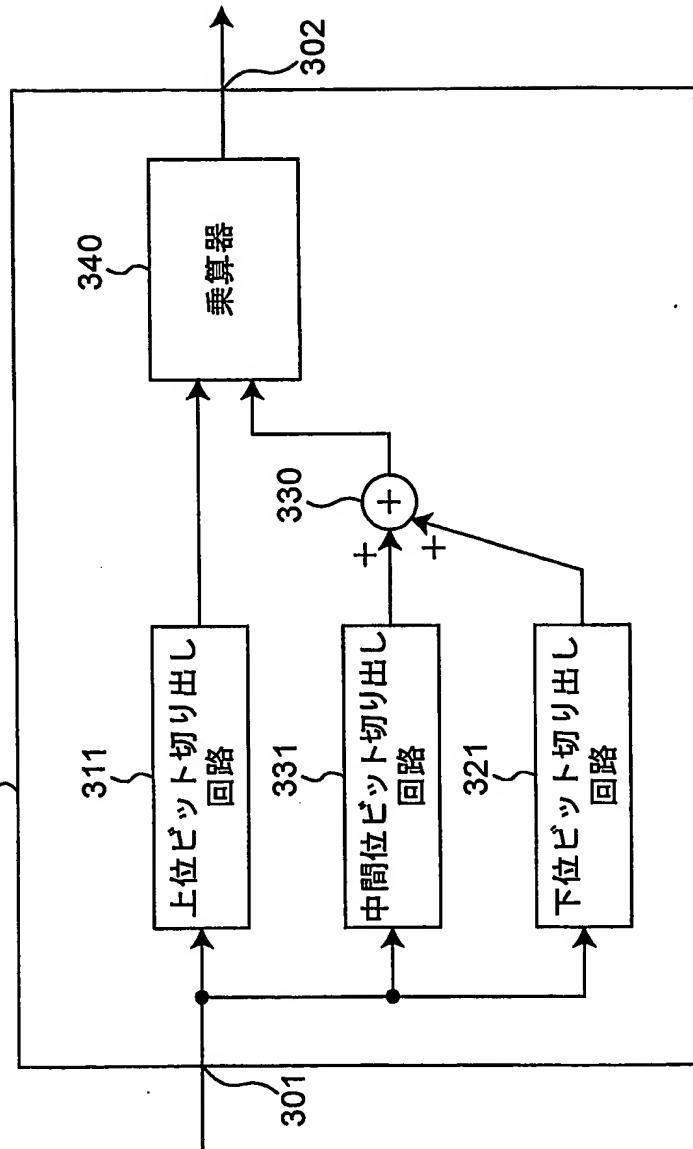


図11 レベル相関型白色雜音発生回路300-4

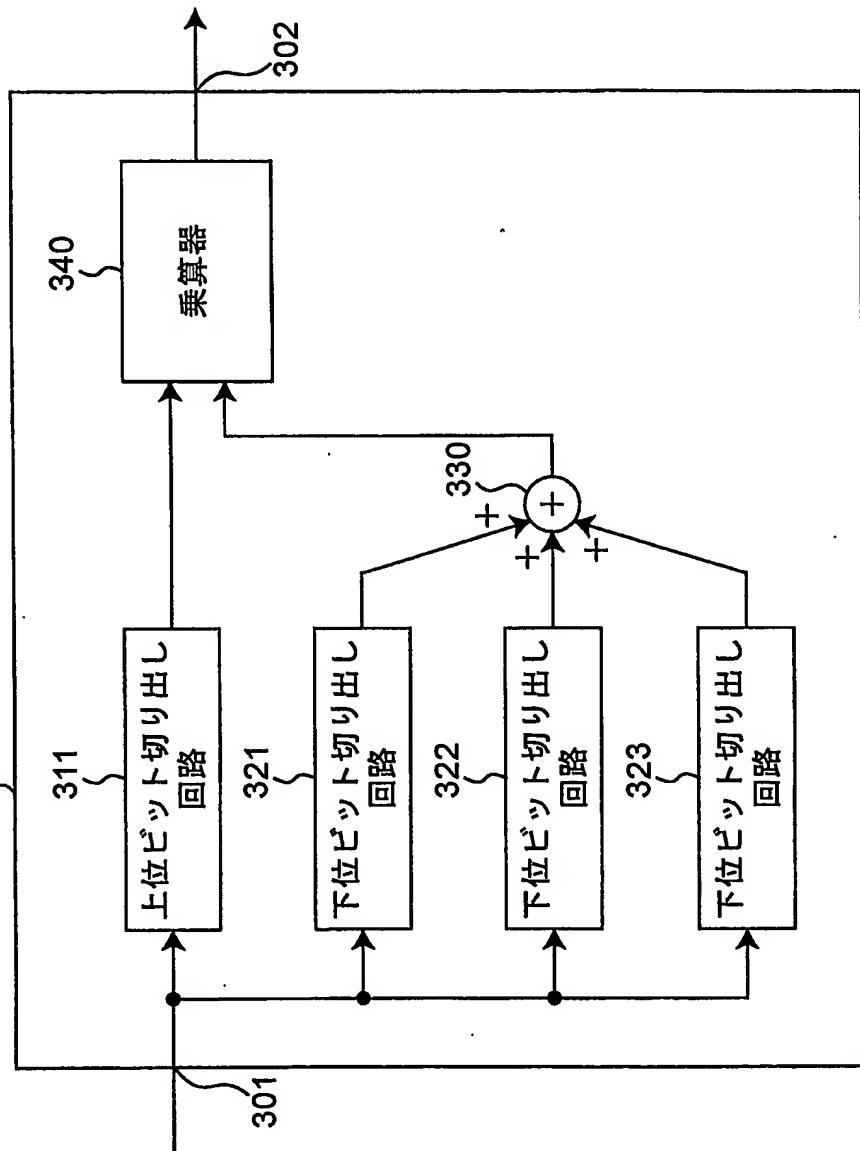


図12 レベル相関型白色雜音発生回路300-5

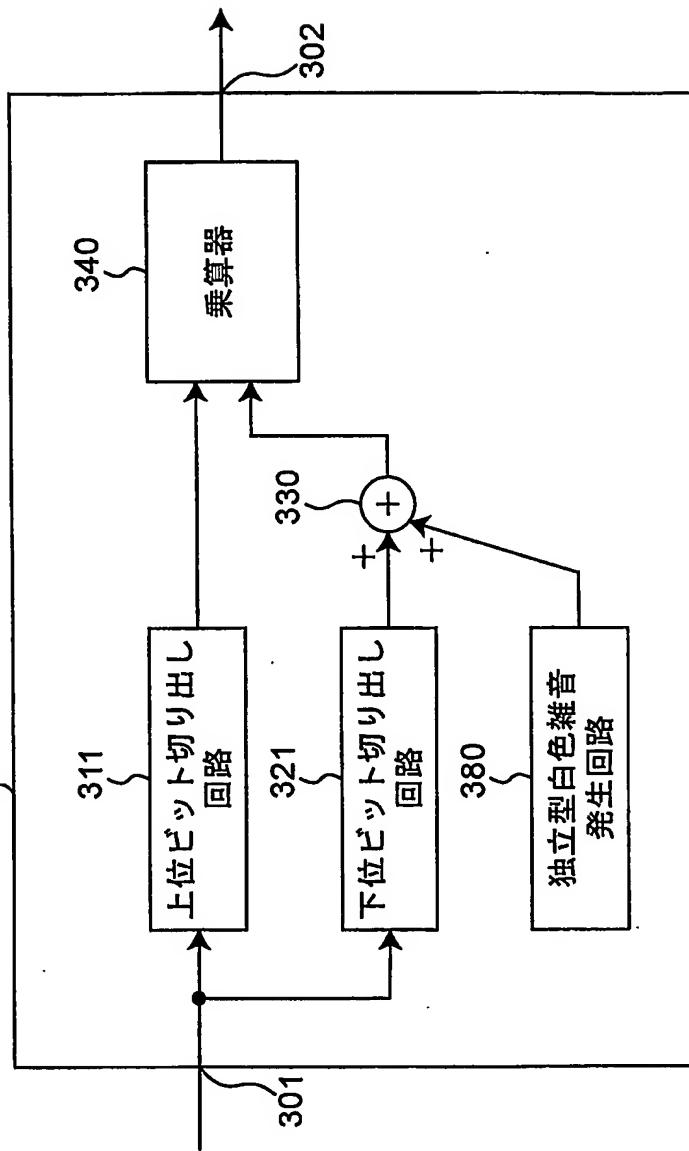
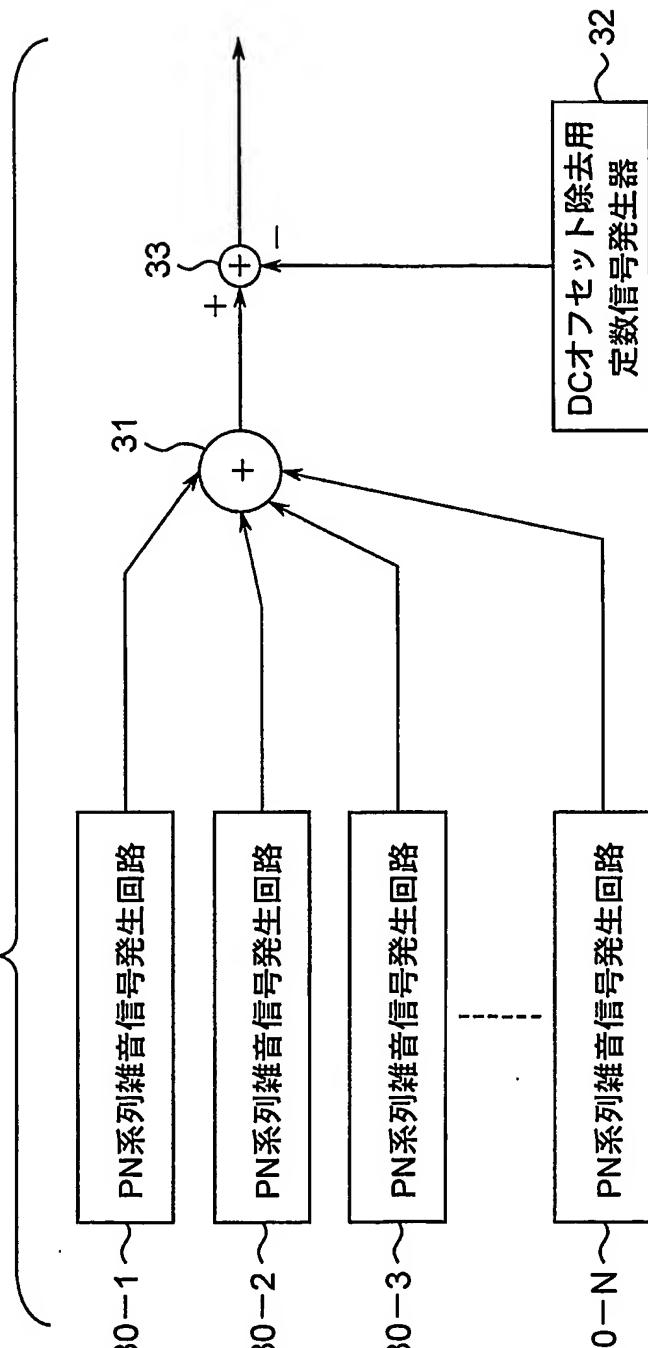


図13  
独立型白色雑音発生回路380



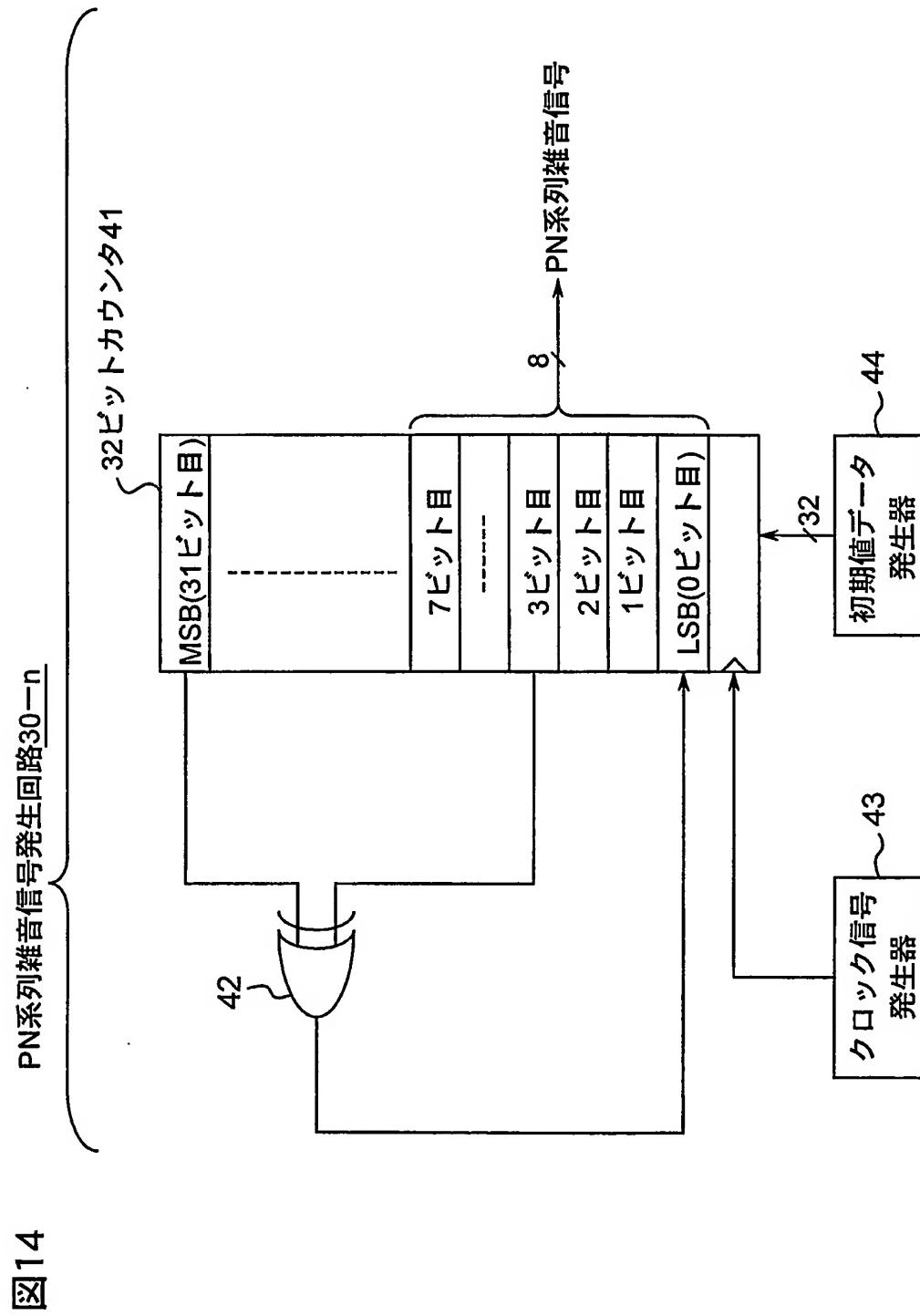
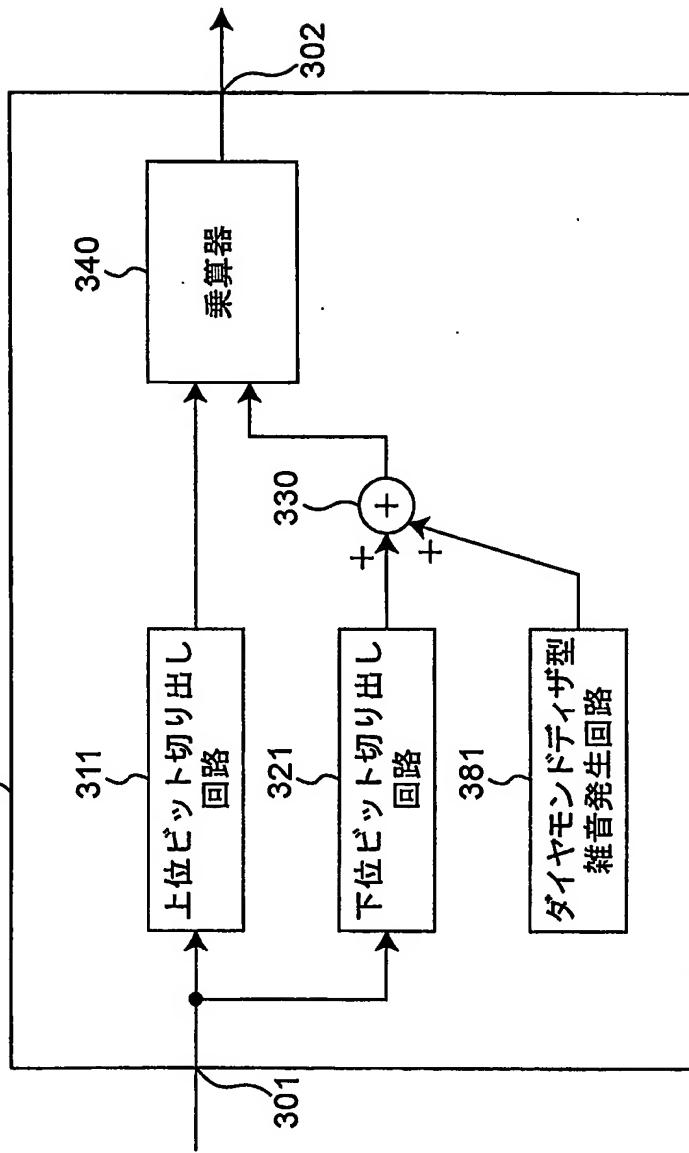
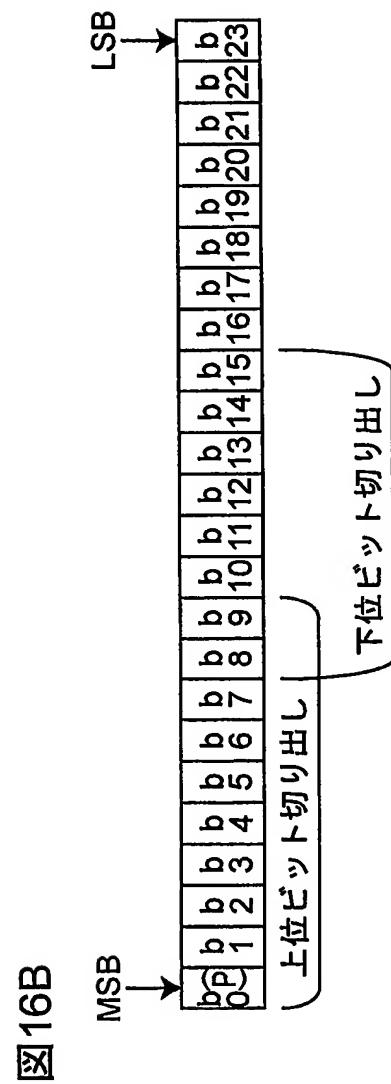
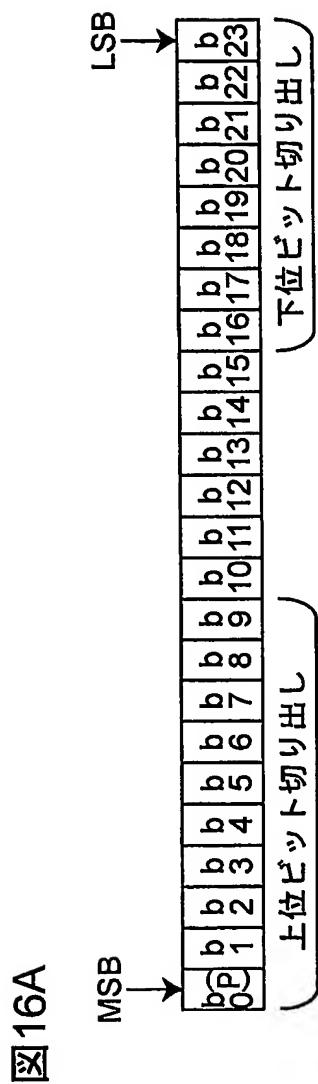
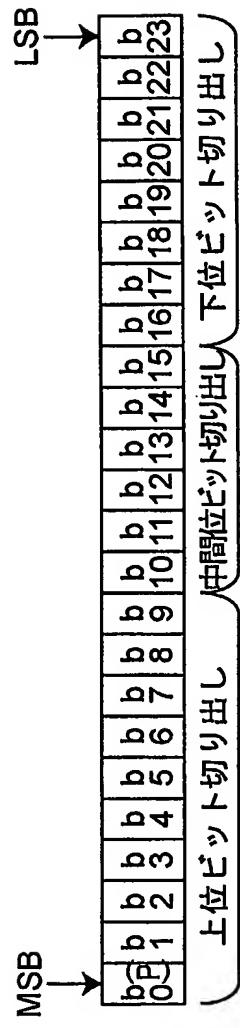


図15 レベル相関型白色雑音発生回路300-6





17A



17B

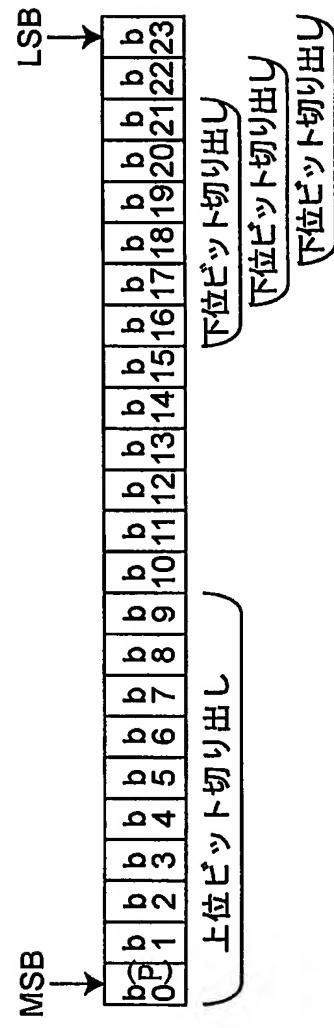


図18A

N=1のときの白色雑音信号の確率密度

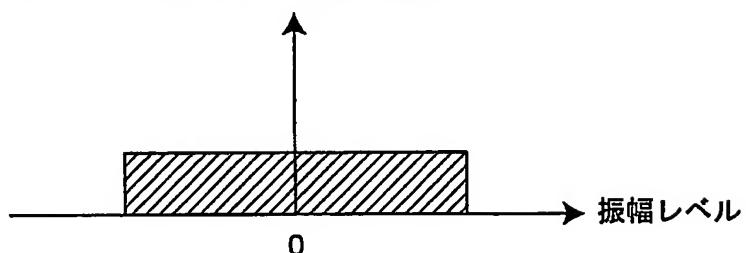


図18B

N=2のときのダイヤモンド型雑音信号の確率密度

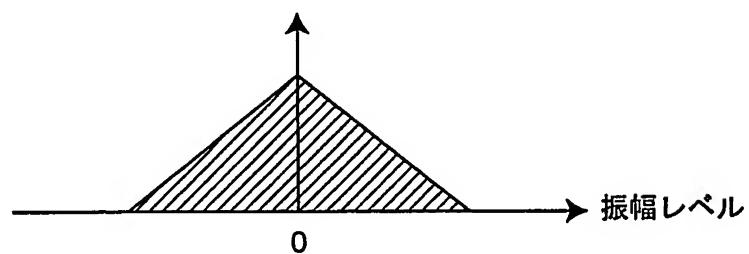


図18C

N=3のときのベル型雑音信号の確率密度

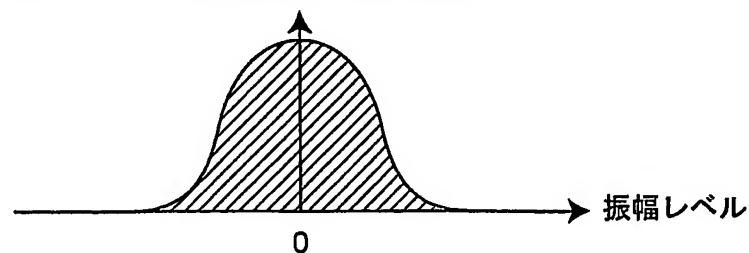


図19

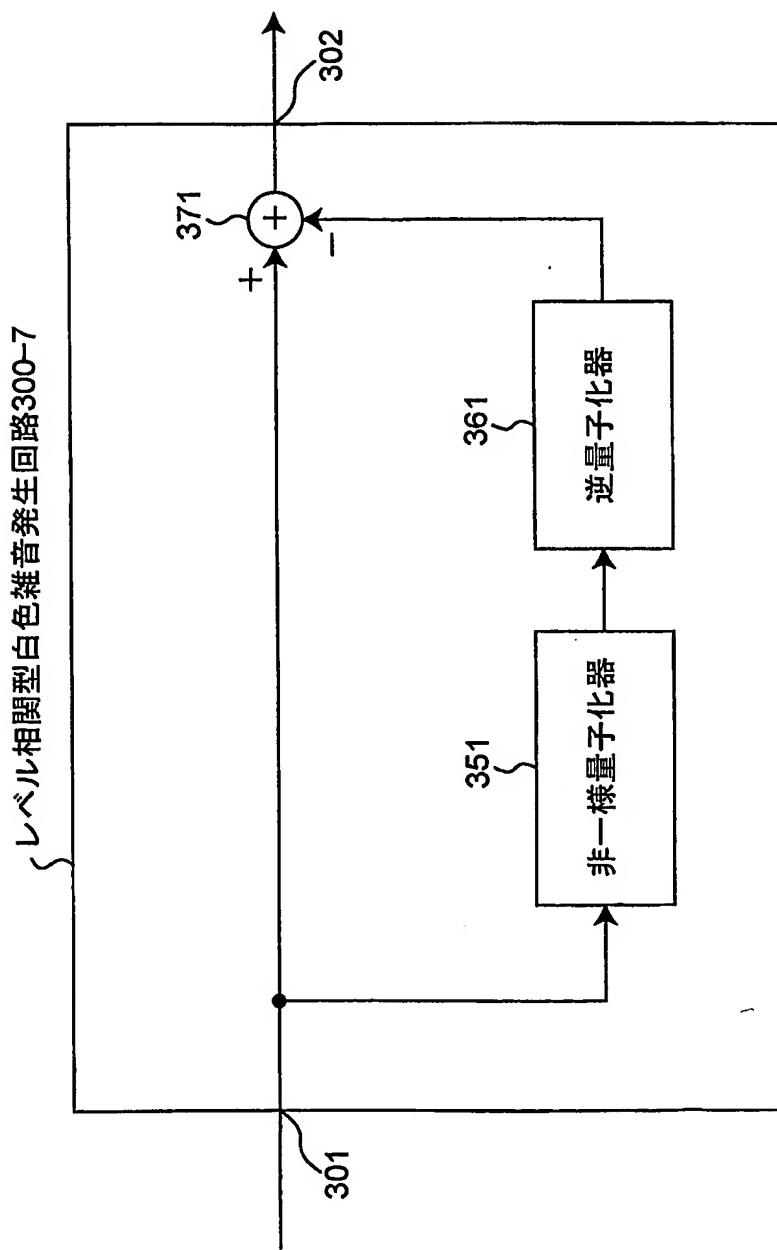


図20 レベル相関型白色雜音発生回路300-8

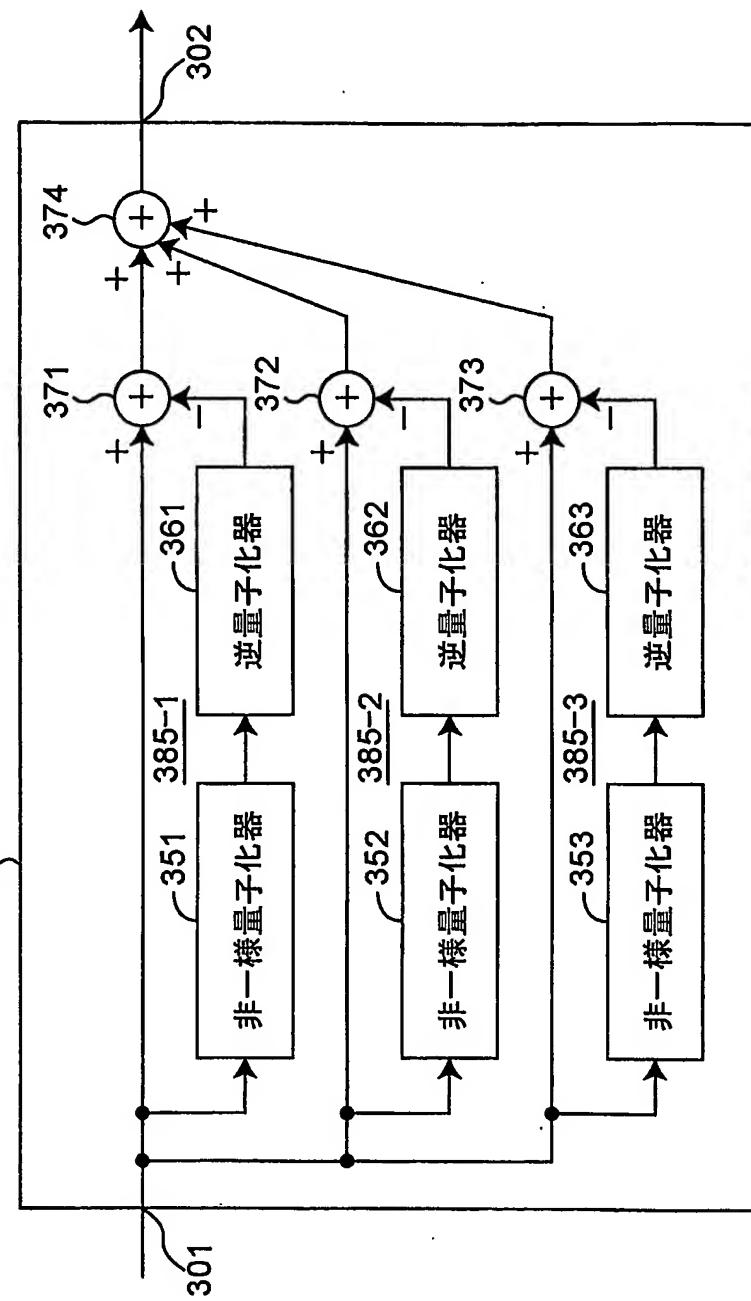


図21

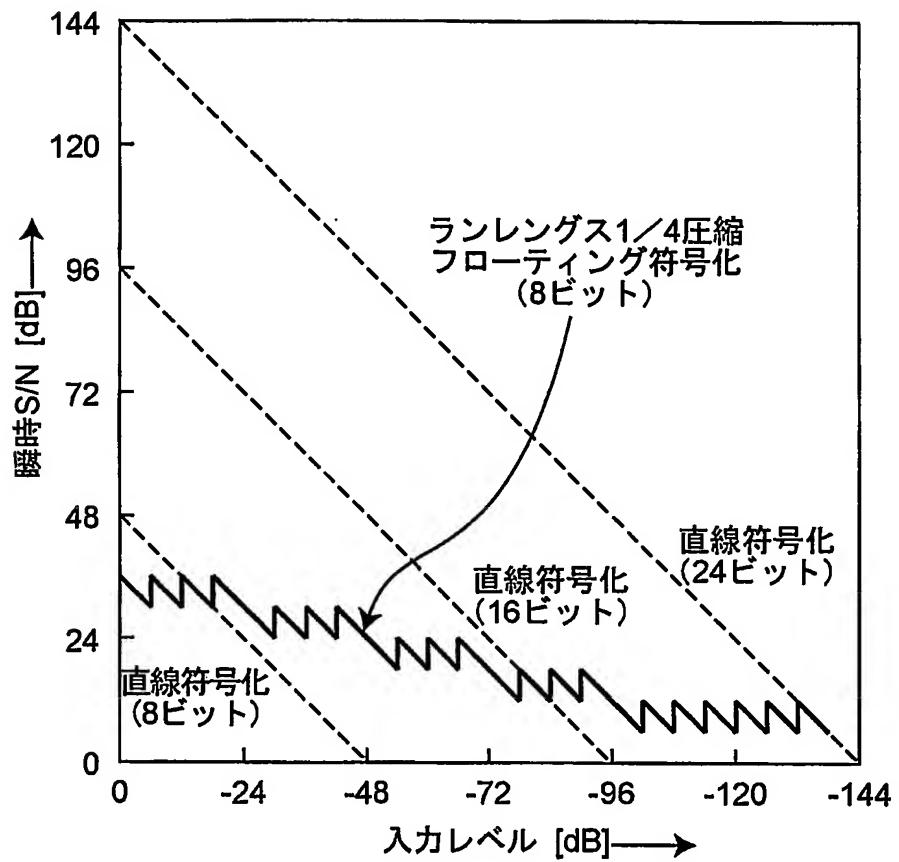
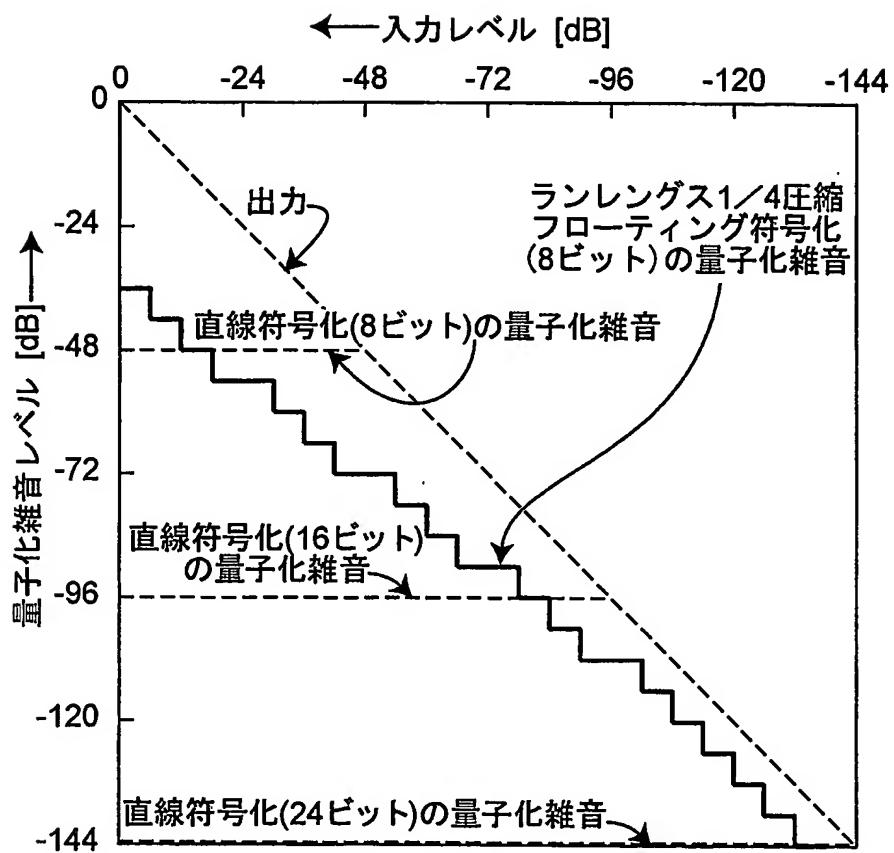
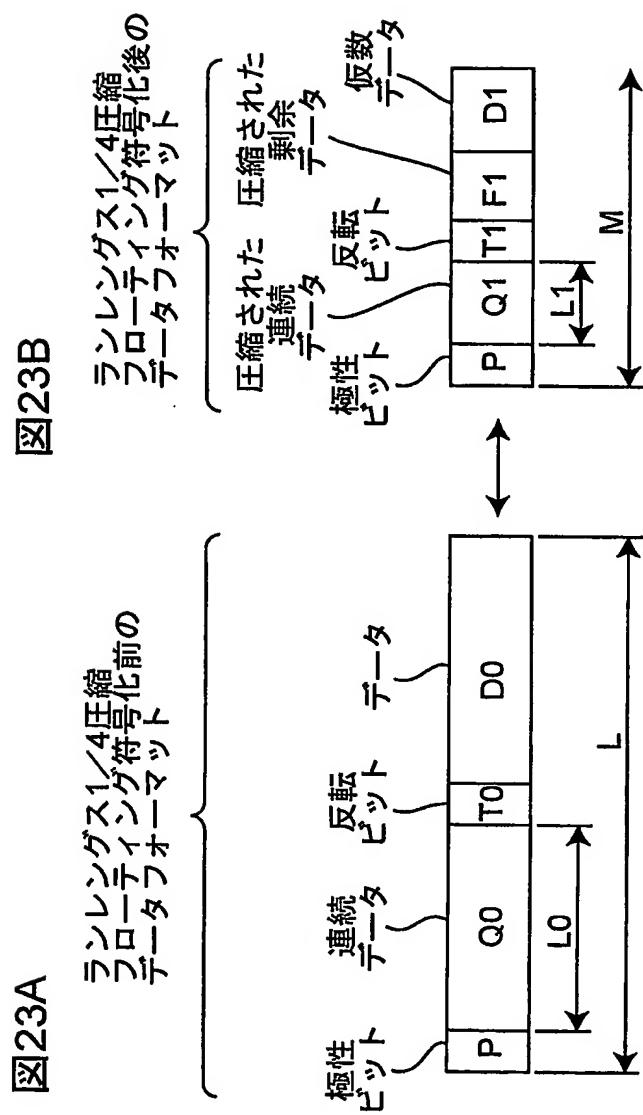


図22





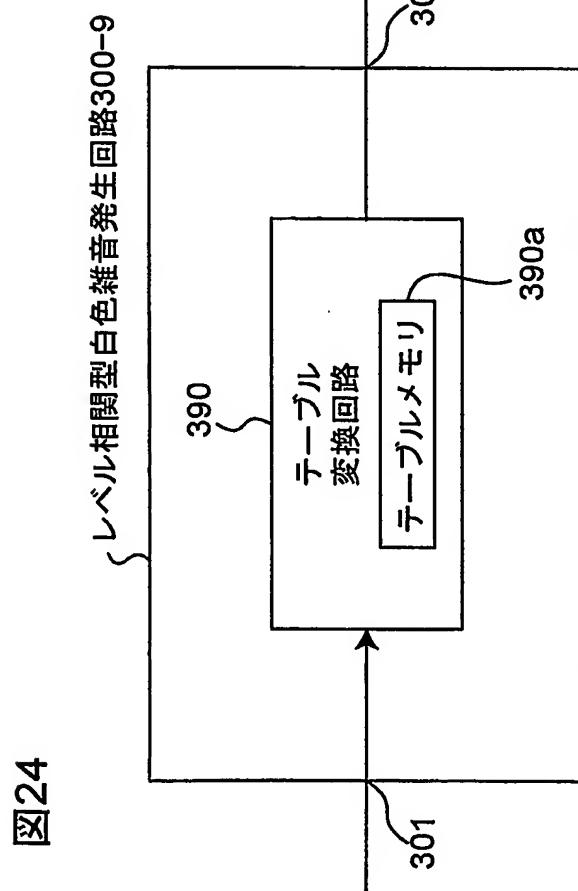


図25 信号処理回路400

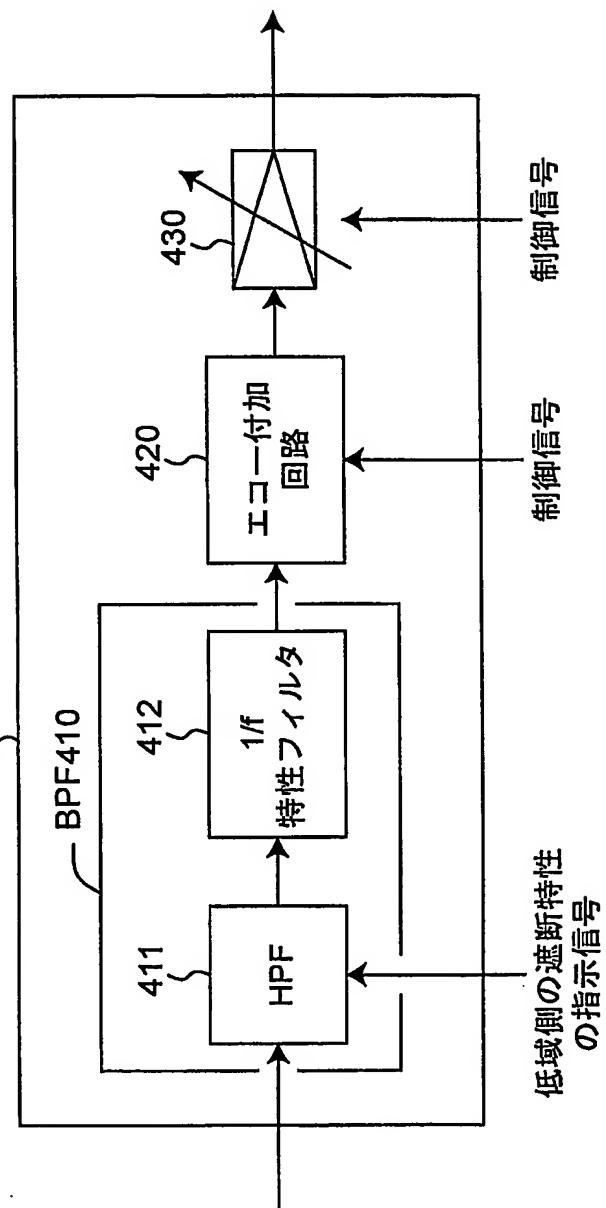


図26

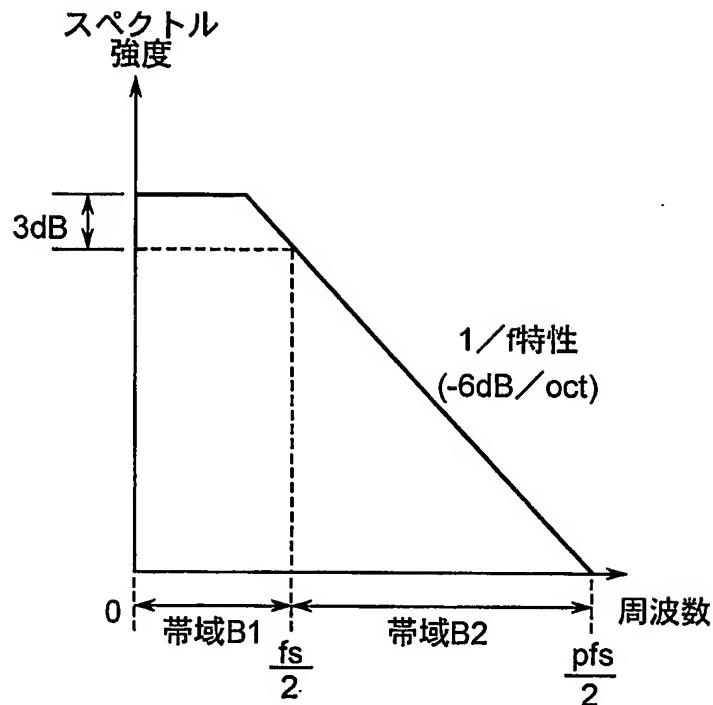


図27

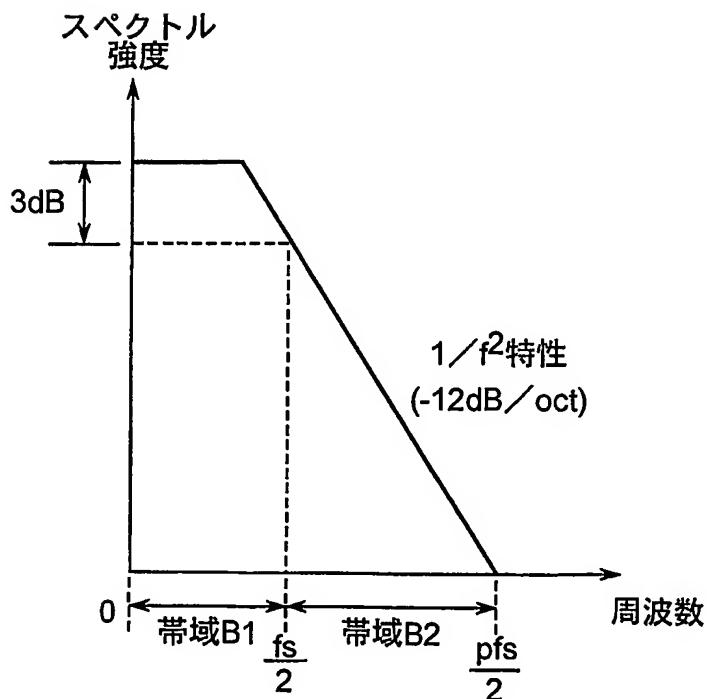


図28

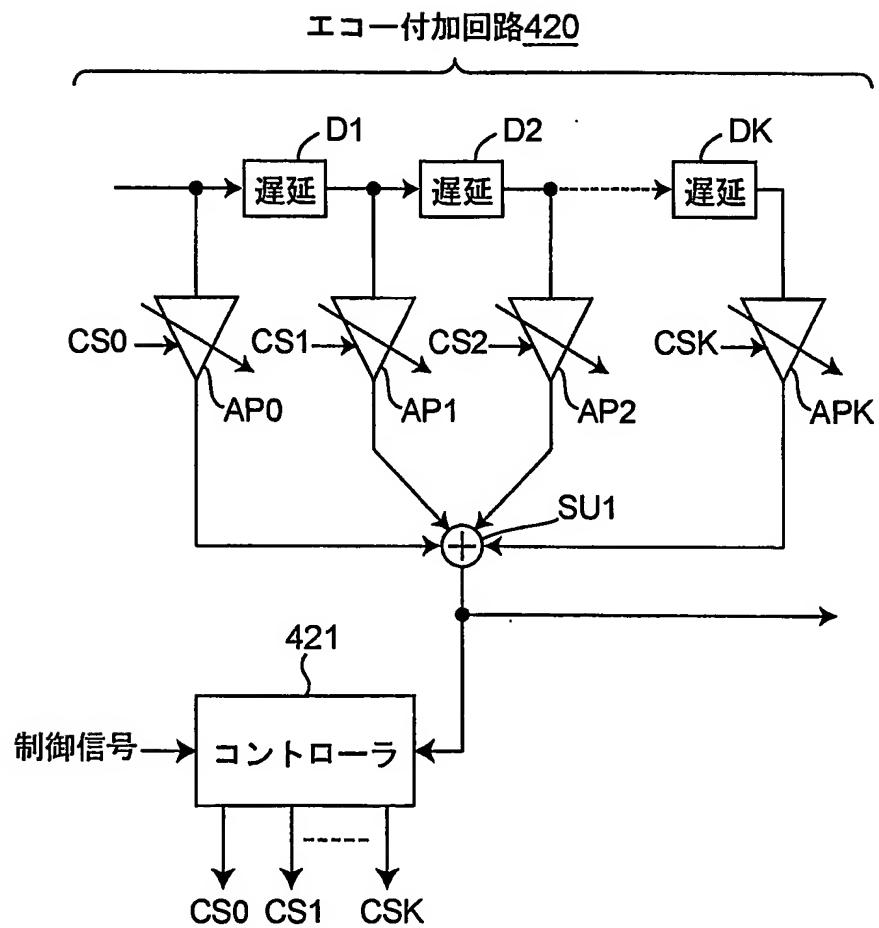


図29A

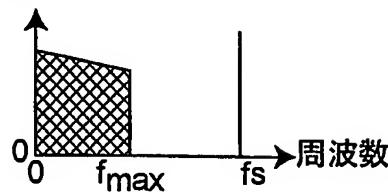
入力信号Xの  
信号レベル

図29B

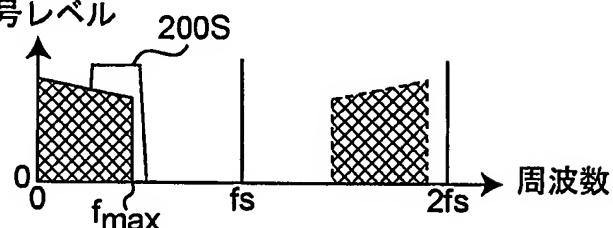
LPF120からの  
出力信号の  
信号レベル

図29C

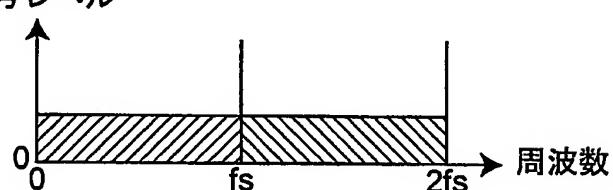
回路300からの  
出力信号の  
信号レベル

図29D

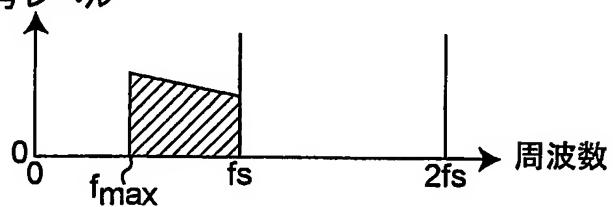
回路400からの  
出力信号の  
信号レベル

図29E

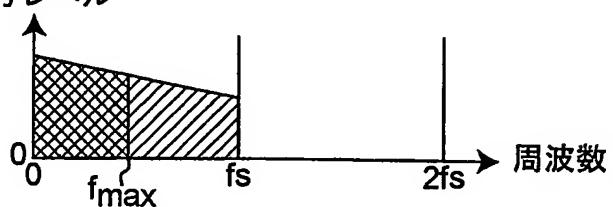
出力信号Wの  
信号レベル

図30A

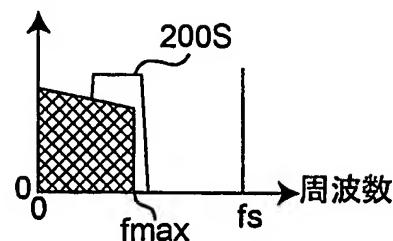
入力信号Xの  
信号レベル

図30B

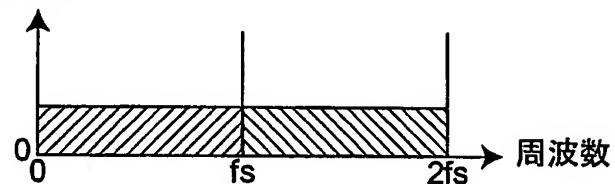
回路300からの  
出力信号の  
信号レベル

図30C

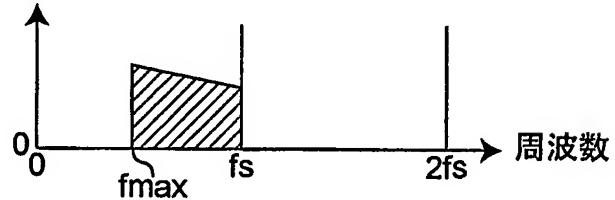
回路400からの  
出力信号の  
信号レベル

図30D

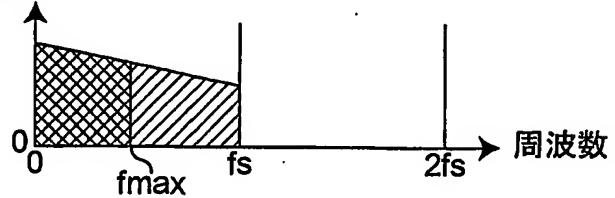
入力信号Wの  
信号レベル

図31A

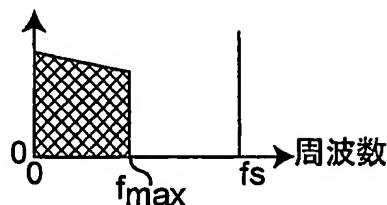
入力信号Xの  
信号レベル

図31B

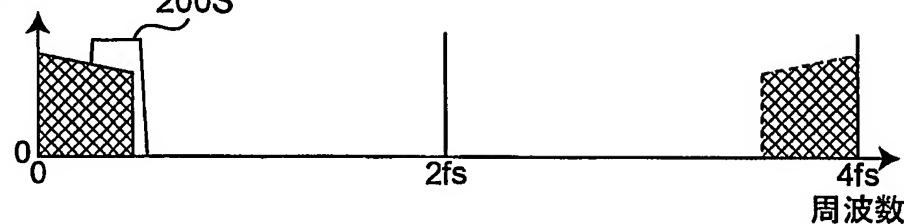
LPF120からの出力信号の  
信号レベル

図31C

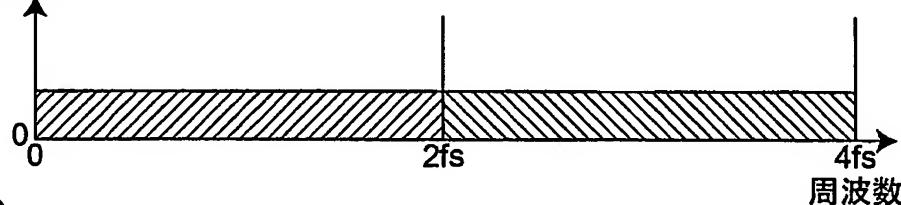
回路300からの出力信号の  
信号レベル

図31D

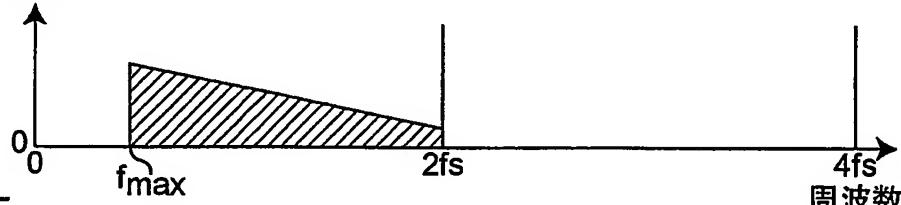
回路400からの出力信号の  
信号レベル

図31E

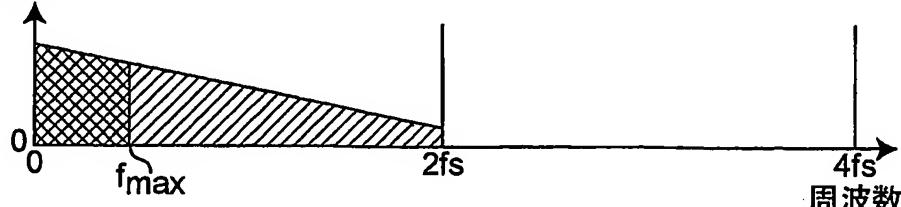
出力信号Wの  
信号レベル

図32A

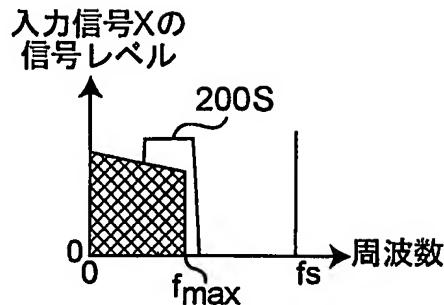


図32B

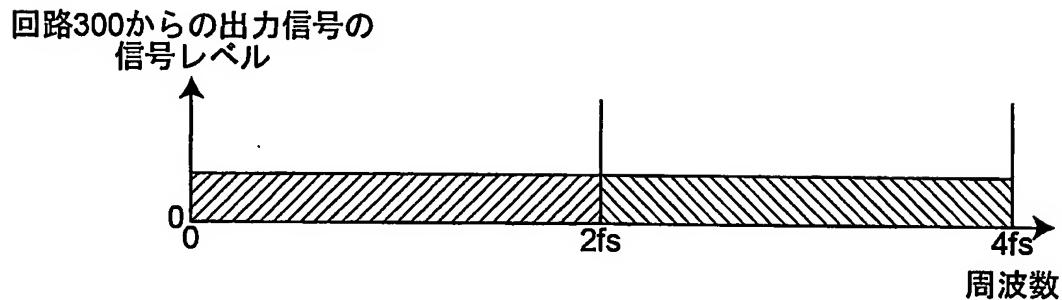


図32C

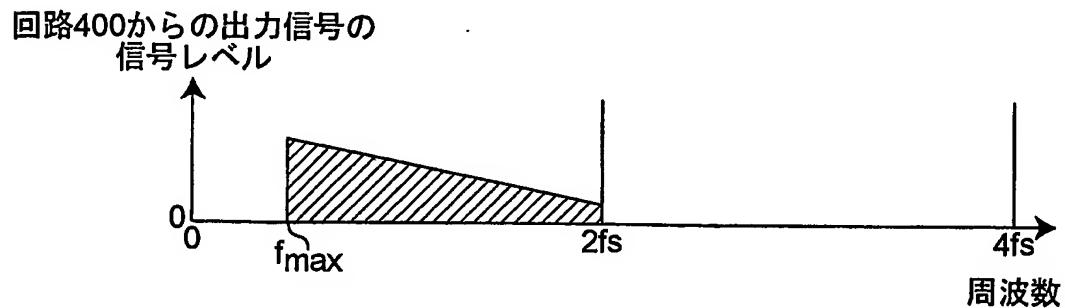


図32D

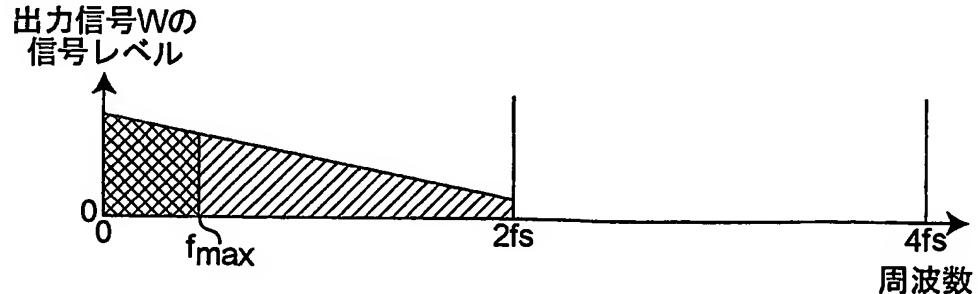


図33A

折り返し歪除去用フィルタの  
特性における信号レベル

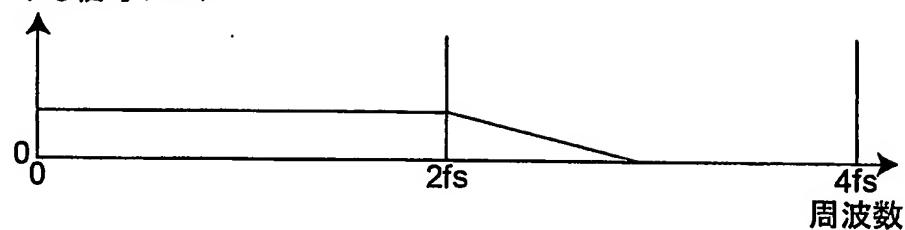


図33B

出力信号Wの  
信号レベル

